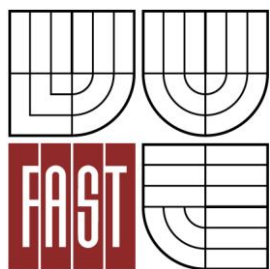




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

NÁVRH POHYBLIVÉ JEZOVÉ KONSTRUKCE

GATE WEIR DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

FRANTIŠEK BETLACH

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ JULÍNEK, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	František Betlach
Název	Návrh pohyblivé jezové konstrukce
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce	30. 5. 2014
V Brně dne 30. 11. 2013	

.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Úprava tokov, Raplík, M., Výbora, P., Mareš, K., Alfa, Praha, 1989.
Jezy, Gabriel a kol., SNTL, Praha, 1989.
Navrhování jezů, Výbora P., Podsedník, O. VUT Brno, 1989.
Vodní stavby I, Maleňák, J., Podsedník, O. Šlezinger, M., VUT Brno, 2002.
Vegetační doprovod vodních toků a nádrží, Šlezinger, M., VUT Brno, 1996.
Hydraulika a hydrologie, Jandora, J., Stara, V., Starý, M., VUT Brno, 2002.

Zásady pro vypracování

Účelem práce je navrhnout pohyblivou jezovou konstrukci na řece Svitavě v lokalitě Cacovický ostrov. V zájmovém úseku bude zhodnocen a popsán stávající stav a navrženy parametry nové jezové konstrukce tak, aby byly zajištěny stávající funkce konstrukce (odběr na MVE) a byl dodržen stupeň ochrany okolního území před povodněmi na úroveň návrhové povodně. Návrh bude zahrnovat jak zhodnocení stávající situace (pevné konstrukce, toku, atd.), tak i návrh vhodného typu pohyblivé hradicí konstrukce včetně úprav přilehlé části koryta. Ideově bude provedeno hodnocení a návrh opatření z hlediska migrační prostupnosti (rybí přechod). Součástí by měl být i návrh souvisejících objektů, uspořádání břehových partií a doprovodných porostů.

Řešení bude obsahovat textovou část včetně hydraulických výpočtů provedených za použití vhodných softwarových prostředků a část výkresovou, která bude zahrnovat jednoduchou výkresovou dokumentaci navržené konstrukce. Obsahem diplomové práce bude:

1. Technická zpráva včetně hydraulických výpočtů
2. Situace navrhovaných opatření v měř. 1:1000
3. Podélný profil v měř. 1:1000/100
4. Výkresové přílohy navržené konstrukce (půdorys, řezy)
5. Fotodokumentace

Předepsané přílohy

.....

Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá studií návrhu pohyblivé jezové konstrukce u stávajícího pevného jezu na řece Svitavě v lokalitě Cacovický ostrov. První část zpracovává údaje o zájmovém území a výběr vhodného konstrukčního řešení pro rekonstrukci pevného jezu, kdy bylo popsáno několik typů pohyblivých uzávěrů. Dále byl popsán stávající stav objektů a koryta toku Svitavy v zájmovém území. V další části se bakalářská práce zabývá návrhem a následným posouzením navržené pohyblivé jezové konstrukce. Nejprve byla navržena a posouzena pevná spodní stavba a výška hradící konstrukce. Dále pak návrh a posouzení podjezí a celkové stability navržené konstrukce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jez, Manipulace, Ledové jevy, Říční koryto, Pohyblivá hradící konstrukce, Rybí přechod, Posouzení

ABSTRACT

The Bachelor Thesis deals with the study of the existing uncontrolled weir on the river Svitava in "Cacovice island" locality and with the design of a new gate weir structure. The first part focuses on the processing of data on the area of interest and the selection of appropriate design solution for the reconstruction of the weir, where there are described several types of movable gate. At the end of this part the current condition of the buildings and the channel of the Svitava river in the area of interest is evaluated. In the second part, the Thesis deals with the design of the gate weir structure and its subsequent assessment. At first, the solid substructure and the height of the gate is designed and assessed. Subsequently, the stilling basin is designed and in conclusion, the overall stability of the designed structure is assessed.

KEYWORDS

Weir, Manipulation, Ice events, Riverbed, Gate weir structure, Fish pass, Assessment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

František Betlach *Návrh pohyblivé jezové konstrukce*. Brno, 2014. 81 s., 12 s. příloh.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb.
Vedoucí práce Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Návrh pohyblivé jezové konstrukce vypracoval samostatně pod vedením Ing. Tomáše Julínka, Ph.D. a uvedl jsem v seznamu všechny použité zdroje.

V Brně dne 15.5.2014

.....
Podpis autora
František Betlach

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15.5.2014

.....
Podpis autora
František Betlach

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomáši Julínkovi, Ph.D. za jeho odborné rady, připomínky a čas, který mi věnoval na konzultacích při vypracování této práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	11
2	VSTUPNÍ ÚDAJE	12
2.1	<i>Identifikační údaje</i>	12
2.2	<i>Popis zájmového území.....</i>	12
2.3	<i>Hydrologické poměry.....</i>	14
2.4	<i>Klimatické poměry</i>	15
2.5	<i>Geomorfologické poměry</i>	16
2.6	<i>Geologické poměry</i>	16
2.7	<i>Hydrogeologické poměry.....</i>	17
2.8	<i>Ledové jevy.....</i>	18
2.9	<i>Požadavky na odběr</i>	19
2.10	<i>Životní prostředí</i>	19
2.11	<i>Jakost vod.....</i>	19
2.12	<i>Rybí pásma</i>	19
3	FUNKCE JEZU	21
3.1	<i>Jezová konstrukce.....</i>	21
3.2	<i>Rozdělení jezů</i>	21
3.2.1	<i>Podle konstrukce</i>	21
3.2.2	<i>Podle půdorysného tvaru</i>	21
3.3	<i>Hydraulika přelivu</i>	22
3.4	<i>Pevný jez</i>	23
3.5	<i>Pohyblivý jez</i>	24
3.5.1	<i>Pokloповý (klapkový) jez.....</i>	26
3.5.2	<i>Vakový (pneumatický) jez</i>	29
3.6	<i>Rybí přechod</i>	30
3.7	<i>Zhodnocení</i>	33
4	POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU	34
4.1	<i>Popis koryta nad a pod jezem</i>	34

4.2	Popis pevného jezu	34
4.3	Popis vodního díla	35
4.4	Popis ostatních objektů v zájmovém území	36
4.5	Popis rozsahu záplavového území	37
4.5.1	Rozsah rozlivu Q_5	37
4.5.2	Rozsah rozlivu Q_{20}	37
4.5.3	Rozsah rozlivu Q_{100}	37
4.5.4	Zhodnocení stupně ochrany	39
5	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	40
5.1	Hydrologická data	40
5.2	Hladina stálého vzduť	40
5.3	Návrh spodní stavby	40
5.3.1	Návrh pevného prahu	41
5.3.2	Výpočet potřebné šířky přelivu pro Q_N	42
5.3.3	Návrh hradící konstrukce a ověření kapacity	42
5.4	Měrná křivka přelivu	43
5.5	Měrné křivky při manipulaci s uzávěry	47
5.6	Ovlivnění záplavového území navrhovaným jezem	51
5.7	Návrh podjezí	52
5.7.1	Hloubka vývaru	52
5.7.2	Tloušťka vývarové desky	54
5.7.3	Délka vývaru	54
5.7.4	Délka opevnění za vývarem	55
5.7.5	Tloušťka opevnění za vývarem	55
6	POSOUZENÍ STABILITY JEZOVÉ KONSTRUKCE	57
6.1	Výpočet působících sil	57
6.1.1	Úrovně hladin	58
6.1.2	Zatížení plná jezová zdrž	58
6.1.3	Zatížení prázdná jezová zdrž	60
6.2	Posouzení stability	61
6.2.1	Bezpečnost proti posunutí po základové spáře	62
6.2.2	Bezpečnost proti překlopení kolem vzdušné hrany	63
6.2.3	Bezpečnost proti prolomení vývarové desky	64
6.2.4	Délka obtékaného obrysu	64
6.3	Zhodnocení posouzení stability	65
7	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ	66
7.1	Odběr a určení hladiny stálého vzduť	66
7.2	Odběrný objekt	67

7.3	<i>Jezové těleso</i>	67
7.4	<i>Pohyblivá hradící konstrukce</i>	67
7.4.1	<i>Manipulace s uzávěry</i>	68
7.5	<i>Dělicí pilíř</i>	69
7.6	<i>Břehový pilíř, zavazovací křídla</i>	70
7.7	<i>Vývarová deska</i>	71
7.8	<i>MVE</i>	71
7.9	<i>Rybí přechod</i>	71
7.10	<i>Provizorní hrazení, obslužná lávka</i>	73
7.11	<i>Opevnění podjezí</i>	73
7.12	<i>Napojení objektu na tok, terénní úpravy v okolí jezu</i>	73
7.13	<i>Začlenění do krajiny</i>	73
8	ZÁVĚR	74
9	POUŽITÁ LITERATURA	76
10	SEZNAM TABULEK	77
11	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
12	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	79
13	SEZNAM PŘÍLOH	81

1 ÚVOD

Tématem bakalářské práce byla studie rekonstrukce stávajícího pevného jezu Cacovice na řece Svitavě v říčním kilometru 10,157. Jako nejvhodnější varianta byla zvolena rekonstrukce na jez pohyblivý. Tato možnost vycházela z generelu odvodnění města Brna z roku 2007 [6], který stanovil doporučení na rekonstrukci řešeného pevného jezu na jez pohyblivý.

Dále bylo vypracováno posouzení stávajícího stavu zájmového území a objektů, které se v něm vyskytují. Zájmové území začíná v říčním kilometru 9,620 u prefabrikovaného jezu Maloměřice a končí v říčním kilometru 10,365 u dřevěného mostu pro pěší. Rovněž bylo provedeno místní šetření za účelem upřesnění stávajícího stavu koryta, objektů a náhonu. Při tomto šetření byly vytvořeny fotografie, které znázorňují stávající stav. Stoletý průtok $Q_{100}=180 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl zvolen jako návrhový, protože se jedná o zastavěnou oblast.

Pro rekonstrukci na pohyblivou hradící konstrukci byl zvolen klapkový uzávěr. Navržené parametry byly zvoleny tak, aby byl zajištěn odběr na stávající MVE ($Q_{\text{MVE}}=4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a stupeň ochrany okolního území před povodněmi.

Součástí studie byl i návrh rybího přechodu, který zajistí snadnější překonání navrhované migrační překážky (pohyblivý jez) všem vodním živočichům v zájmovém území. Dále pak úprava okolního území a koryta toku v nadjezí i v podjezí z důvodu napojení navrhované konstrukce na tok.

Pro návrh a posouzení konstrukce nebyly v bezprostředním okolí řešeného jezu zjištěny žádné vrty pro stanovení přesných geologických a hydrogeologických poměrů. Byly zvoleny dva vrty (V-1, V-7), které se vyskytují v zájmovém území (zhruba 300m od jezu Cacovice). Z hlediska bakalářské práce především jako studie se s těmito vrty uvažuje. Tyto zvolené vrty slouží pouze k orientačnímu určení poměrů. Pro přesnější určení geologického profilu by bylo potřeba provést geologický průzkum v bezprostředním okolí řešeného jezu.

2 VSTUPNÍ ÚDAJE

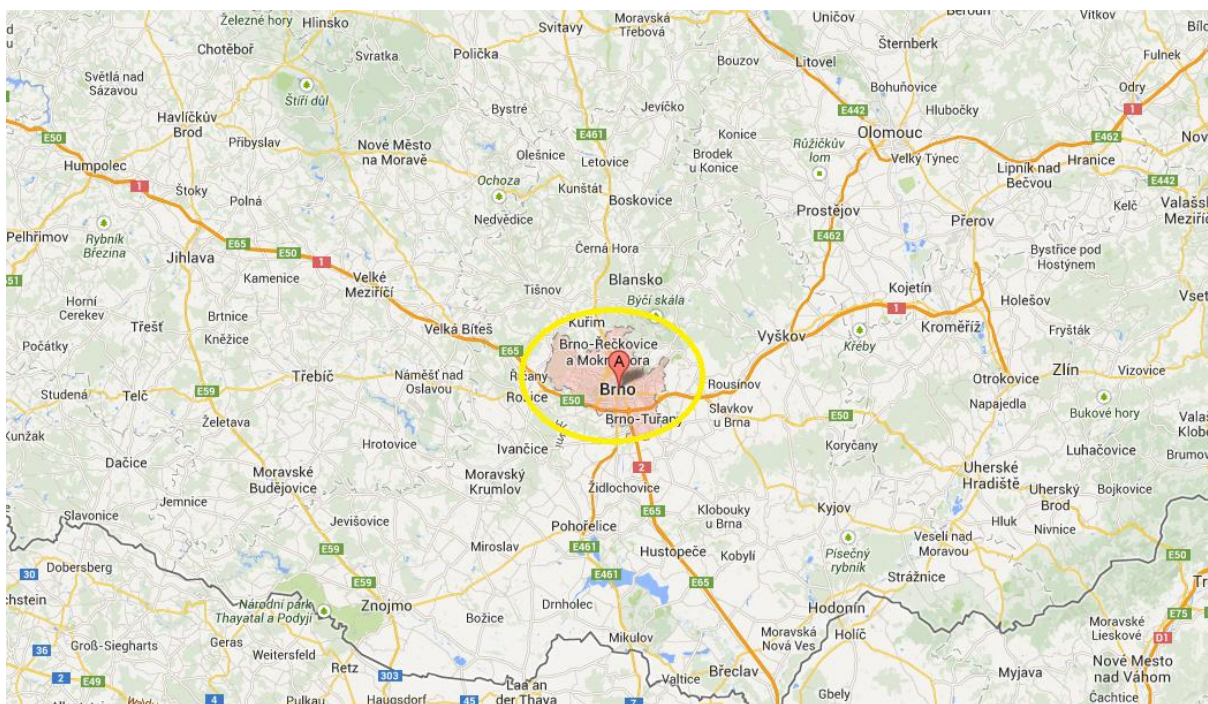
2.1 Identifikační údaje

Dále následují identifikační údaje zájmového území:

- Název toku: řeka Svitava
- Říční kilometr: 10,157
- Katastrální území: Brno - Obrány
- Kraj: Jihomoravský
- Správce: povodí Moravy s. p.; Dřevařská 11, Brno, 601 75
- Číslo vodohospodářské mapy: 24-32 Brno

2.2 Popis zájmového území

Zájmové území se nachází na území Jihomoravského kraje v katastru města Brna a to v městské části Brno - Obrány. Přesněji v okolí stávajícího pevného jezu Cacovice, který je na řece Svitavě, říční kilometr 10,157. Brno leží na jihovýchodě České republiky na soutoku řek Svatky a Svitavy. Upřesnění polohy viz obr. 1, 2, 3. Nadmořská výška města se pohybuje od 190-425m n.m. a rozkládá se na území o katastrální výměře 230,22 km² [1].



Obr. 1 Město Brno [3]



Obr. 2 Město Brno [3]



Obr. 3 Město Brno [3]

2.3 Hydrologické poměry

Vodní tok Svitava má délku 98,39 km, plochu povodí 1149,43 km² a patří do kompetence Povodí Moravy s. p. oblast povodí Dyje [1], [2]. Řeka Svitava pramení v Pardubickém kraji severozápadně od Svitav u obce Javorník v nadmořské výšce 471,93 m n.m. Protéká postupně ORP Svitavy v Pardubickém kraji a Blansko, Brno-město a Brno-venkov v Jihomoravském kraji. Řeka Svitava protéká městy Svitavy, Letovice, Blansko, Adamov a Brno, kde ústí zleva do Svratky v nadmořské výšce 191,29 m n.m. Hlavními přítoky řeky jsou Křetínka zprava říční kilometr 66,4, Bělá zleva říční kilometr 49,5, Punkva zleva říční kilometr 32,9 a několik dalších menších přítoků [1]. V povodí Svitavy se nachází přibližně 583 vodních ploch s celkovou rozlohou 407,49 ha. Největší z nich jsou vodní nádrže Letovice (97,80 ha) a Boskovice (50,97 ha) [5]. Řeka je za vyššího stavu vody vodácky využitelná prakticky po celém toku. Na řece se vyskytuje z hlediska vodáctví velké množství špatně přenositelných jezů a řeka je místy zarostlá a meandruje v úzkém korytě toku [1].

Na vodním toku Svitava se vyskytuje několik hlásných profilů a to [4]:

- Rozhraní - říční kilometr 69,60
- Letovice říční - kilometr 59,40
- Bílovice nad Svitavou - říční kilometr 15,50

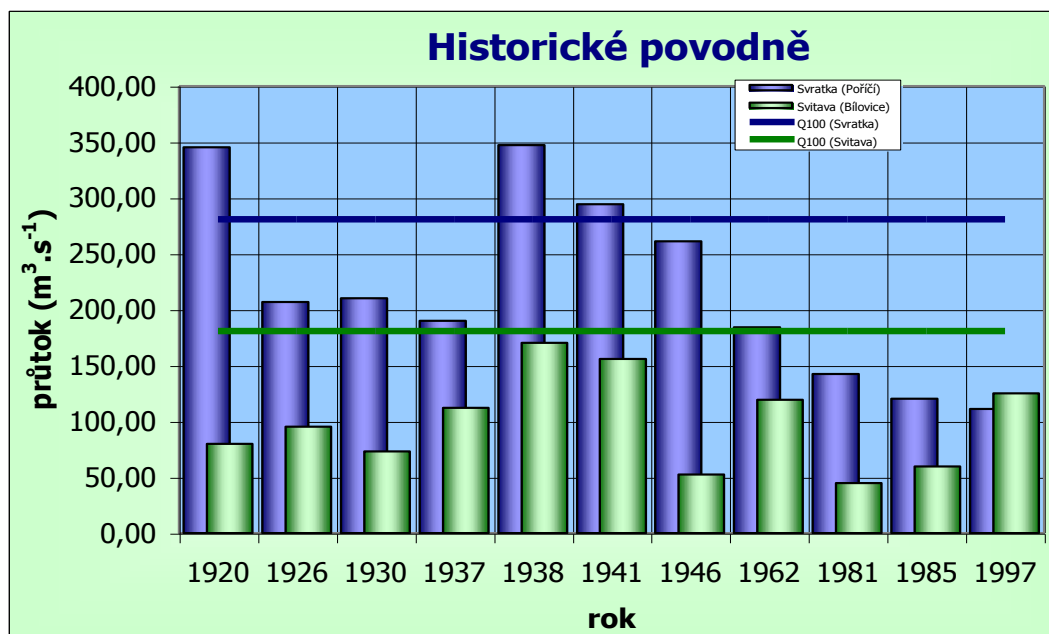
ČHMÚ Brno udává v roce 2007 hodnoty N - letých průtoků Svitavy, které jsou uvedeny v následující tabulce 1 [6]:

PROFIL BÍLOVICE NAD SVITAVOU - ř. km 15,50							
Q_a [m ³ /s]	Q_1 [m ³ /s]	Q_2 [m ³ /s]	Q_5 [m ³ /s]	Q_{10} [m ³ /s]	Q_{20} [m ³ /s]	Q_{50} [m ³ /s]	Q_{100} [m ³ /s]
5.30	40.0	56.5	83.0	101.0	123.0	154.0	180.0
PROFIL SVITAVY NAD ÚSTÍM DO SVRATKY							
Q_a [m ³ /s]	Q_1 [m ³ /s]	Q_2 [m ³ /s]	Q_5 [m ³ /s]	Q_{10} [m ³ /s]	Q_{20} [m ³ /s]	Q_{50} [m ³ /s]	Q_{100} [m ³ /s]
5.22	37.0	53.0	79.0	99.0	120.5	151.0	176.0

Tab. 1 Hodnoty N - letých průtoků na řece Svitavě [6]

Jako návrhové hodnoty byly zvoleny průtoky z hlásného profilu Bílovice nad Svitavou (tj. 5,343 km nad pevným jezem Cacovice). Hodnoty viz tabulka 1.

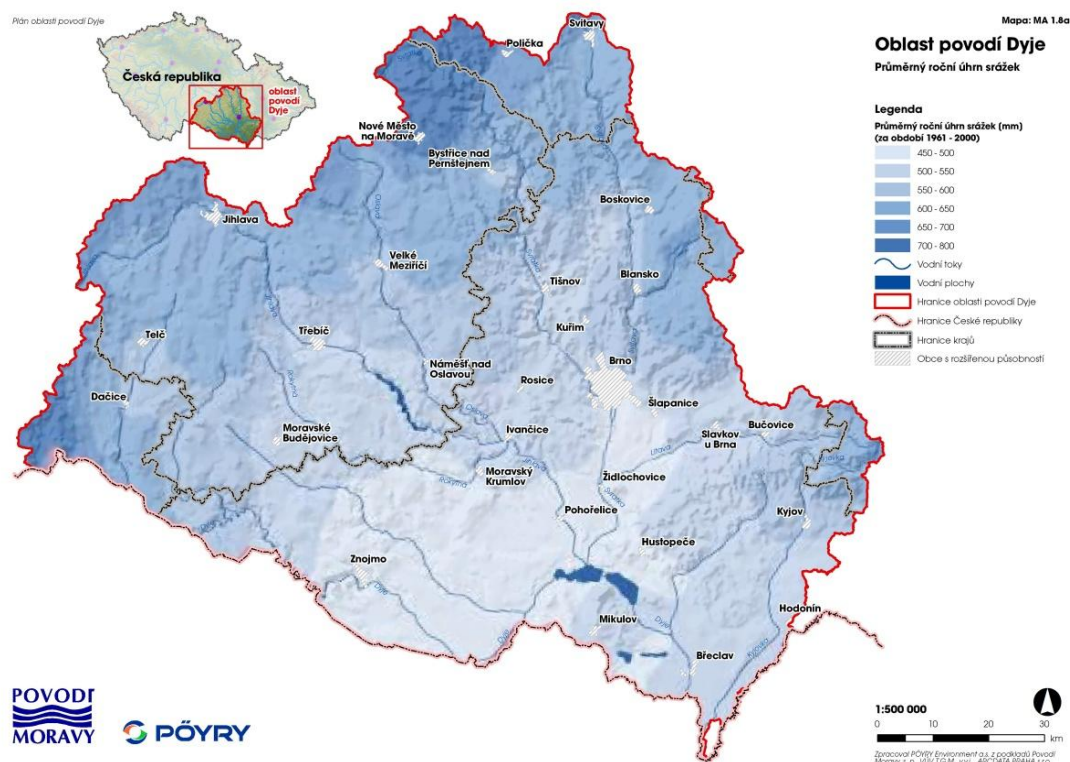
Při porovnání zvolených hodnot s jinými hlásnými profily a s historickými průtoky Q_{100} , které jsou znázorněny na obr. 4. Lze stanovit, že se zvolené hodnoty nějak výrazně neliší od jiných hlásných profilů a jsou větší, tudíž je větší bezpečnost při uvažování návrhu s těmito hodnotami. Z tabulky 1 je patrné, že hodnoty v profilu Bílovice nad Svitavou jsou vyšší než hodnoty v profilu Svitavy nad ústím do Svratky. Tyto hodnoty průtoků byly převzaty z Generelu odvodnění města Brna z roku 2007 a nepodařilo se stanovit proč dojde ke snížení hodnot.



Obr. 4 Graf - historických průtoků Q_{100} [6]

2.4 Klimatické poměry

V zájmové lokalitě jsou dány klimatické poměry její polohou, která leží v mírném evropském pásmu. Pravidelně se zde střídají čtyři roční období s kombinací vlivů kontinentálního a oceánského podnebí. Průměrný roční úhrn srážek byl pro zájmové území stanoven z obr. 5 a to 520 mm. Průměrná roční teplota vzduchu v zájmové lokalitě je 9,4 °C [2], [4].



Obr. 5 Mapa - průměrný roční úhrn srážek [2]

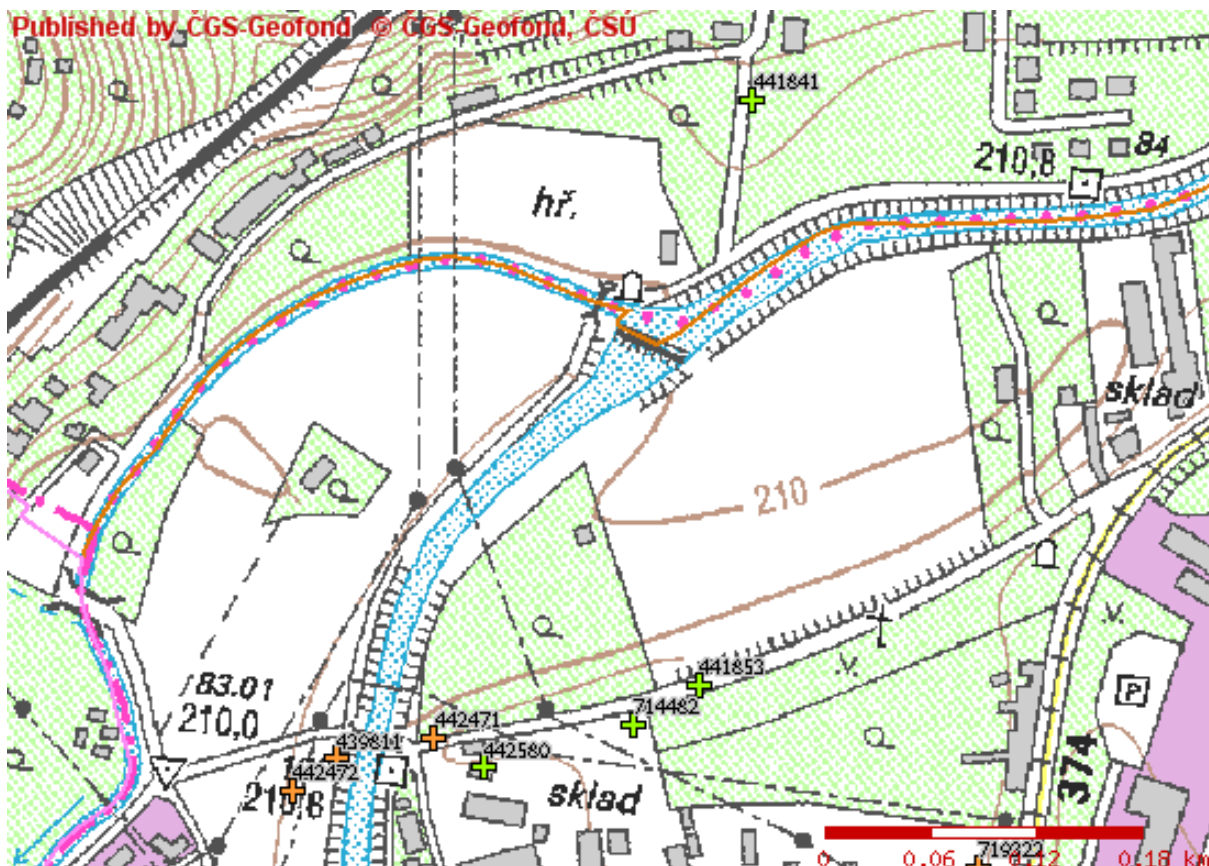
2.7 Hydrogeologické poměry

V zájmovém území se vyskytuje několik vrtů. Byly zvoleny 2 svislé vrty (V-1, V-7) viz obr. 7, které se vyskytují poblíž koryta řeky u betonové lávky pro pěší Cacovice (tj. zhruba 300m od pevného jezu Cacovice). V bezprostředním okolí pevného jezu nebyl zjištěn žádný vrt, proto by byla potřeba provést geologický průzkum v bezprostředním okolí pro co nejpresnější určení geologického profilu. Z hlediska bakalářské práce především jako studie se s těmito zvolenými vrty (V-1, V-7) uvažuje. Tyto zvolené vrty slouží pouze k orientačnímu určení poměrů, protože se nenachází přímo v blízkosti stávajícího pevného jezu Cacovice. [14].

Geologický profil svislých vrtů [14] :

Vrt - V-1	0 - 0,40 m	Holocén - hlína humózní
	0,40 - 2,0 m	Pleistocén - hlína písčitá, pevná, hnědá
	2,0 - 4,10 m	Kvartér - písek jemnozrnný, středně ulehlý, hnědý
	4,10 - 8,0 m	Kvartér - šterkopísek, středně ulehlý, hnědý
Vrt - V-7	0 - 1,0 m	Kvartér - hlína písčitá, tuhá, hnědá, příměs: navážka
	1,0 - 6,0 m	Kvartér - hlína písčitá, pevná, hnědá

Lze předpokládat, že se od hloubky cca 2,0 m vyskytují kvartérní propustné zeminy. Hladina podzemní vody je ve vrtu V-1 v hloubce 4,80 m a je o ustálené hladině. Odhadem lze předpokládat hladinu podzemní vody 3-5 m pod terénem (zvodeň s volnou hladinou).



Obr. 7 Mapa - Vrty v zájmovém území [14]

2.8 *Ledové jevy*

Hlavní hrozbou ledových jevů je, že může dojít ke značnému zvýšení vzduší zatarasením větší části průtočného profilu ledovou kaší nebo ledovou tříští přinášenou z horního úseku toku. Ledová tříšť na konci jezové zdrže podplave pod ledovou celinu, přimrzne na ni, a zatarasí větší část průtočného profilu. Vlivem ledové zácpy může dojít k rozlívání vody z břehů, přelévání hrází. Překážkou pro plynulý odchod ledu bývá jezový profil, který je příliš zúžený nebo rozdělený větším počtem dělicích pilířů s malými světlými šířkami jednotlivých polí. Výskyt zejména ledových ker v jezové zdrži má za následek poškozování břehového opevnění nad jezem. [15].

Led se dělí na [8]:

- povrchový (na hladině)
 - břehový led
 - ledová celina (pokrývka z povrchového ledu)
 - ledová mázdra (dynamický ledový útvar)
- vnitrovodní (pod hladinou)

V zájmovém území na řece Svitavě nedochází k výrazným ledovým jevům. Z tohoto důvodu nedochází k výraznému rozrušování břehových opevnění toku a stávajícího pevného jezu. Dále nedochází k vybřežení a tím souvisejícím škodám na majetku.



Obr. 8 *Ledová bariéra na řece Bečvě na Hranicku [2]*

2.9 Požadavky na odběr

Hladina stálého vzduší bude muset zajišťovat dostatečné vzduší pro odběr na malou vodní elektrárnu, na kterou je voda přiváděna pravobřežním náhonem napojeným na řeku Svitavu v říčním kilometru 10,16, který se nachází u stávajícího pevného betonového jezu v Cacovicích v říčním kilometru 10,157. Malá vodní elektrárna slouží k využití vodní energie dodávané do veřejné sítě e-onu. Odběr malé vodní elektrárny je $Q_{MVE}=4,5m^3/s$. Při obchůzce v terénu zájmového území byly zjištěny různé zahrádkářské odběry, u kterých se nepodařilo stanovit zda-li jsou oficiálně povoleny. Důvodem je přítomnost zahrádkářské kolonie nacházející se v zájmové lokalitě [2].

2.10 Životní prostředí

Zájmová lokalita se nachází v intravilánu města Brna na vodním toku Svitava. Souběžně s tokem vede na levém a pravém břehu nezpevněná cesta využívaná cyklisty a chodci. Vodní tok je lichoběžníkového průřezu. Levý a pravý břeh je zatravněn a doprovází ho vegetační pokryv listnatých stromů. Nedaleko od pevného jezu, který se nachází na říčním kilometru 10,157, se nachází na pravém břehu fotbalový stadion a zahrádkářská oblast. Zájmová lokalita nespadá do žádné chráněné krajinné oblasti [2].

2.11 Jakost vod

Jakost vod se na území ČR sleduje pomocí státní sítě provozované ČHMÚ. Na základě naměřených hodnot vybraných ukazatelů vyhodnocuje VÚV T.G.M., v.v.i. jakost vody v tocích. Vyhodnocení je prováděno dle ČSN 75 7221 Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod. Třídy jakosti vody pro tekoucí povrchové vody se dělí do 5 tříd. Třída I je neznečištěná voda a třída V je velmi silně znečištěná voda [9].

Vodní tok Svitava spadá do III. třídy znečištění „znečištěné vody“ [2].

2.12 Rybí pásma

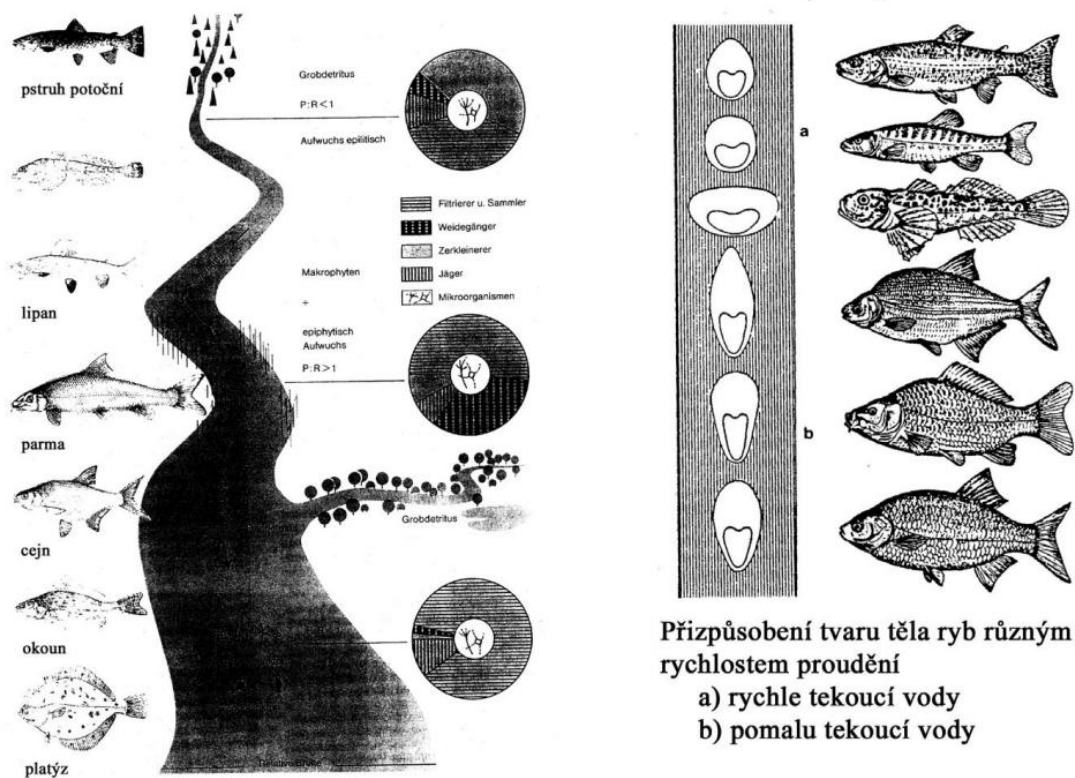
Vybudováním migrační překážky (jezové konstrukce, MVE, apod.) dojde k omezení migrační prostupnosti. Z tohoto důvodu se na vodním toku zřizují rybí přechody. Volba správného rybího přechodu závisí na druhu rybího pásma, které se v dané lokalitě vyskytuje.

Rybí pásma jsou celkem čtyři, kdy jsou pojmenována podle druhu ryb, který se v daném pásmu vyskytuje [1].

Rozdělení rybích pásem s rybí obsádkou (viz obr.9) je následující:

- Pstruhové pásmo - tímto pásmem nazýváme vysokohorské toky a potoky.
- Lipanové pásmo - tok, kde se spád a proudění zřetelně zmenšil.
- Parmové pásmo - tímto pásmem začíná výskyt kaprovitých ryb.
- Cejnové pásmo - vodní tok, který se již stal veletokem.

Zájmové území spadá do parmového pásma a z malé části do pstruhové pásma. Parmové pásmo v lokalitě je zastoupeno především parmovou obecnou, kaprem, ostroretkou, okounem, štikou. Pstruhové pásmo zastupuje v této lokalitě pstruh potoční [10].



Obr. 9 Rybí obsádka [11]

3 FUNKCE JEZU

3.1 Jezová konstrukce

Jezovou konstrukcí rozumíme stavbu, která je vybudovaná za účelem vzduť vody (zvýšení hladiny vody) pro různé vodohospodářské účely. Jedná se o:

- jímání vody pro zásobení zemědělství, průmyslu a obyvatel vodou
- docílení splavnosti toku mohou po něm plout plavidla s větším ponorem
- využití vzniklého spádu (výškový rozdíl hladin nad a pod jezem) pro výrobu el. energie
- úprava vodního toku změnou nivelety (podélného sklonu)
- nalepšení hladiny podzemní vody například pro zemědělství
- využití obyvatelstvem pro rekreaci

Vybudovaný jez může mít jako každá konstrukce i účinky nežádoucí, které se musí při návrhu zohlednit. Nežádoucími účinky rozumíme zohlednění ekonomického hlediska, jelikož vzduť hladiny vody může dojít k nutnosti zvýšení nábrežních zdí, mostů, odvodnění přilehlého okolního území, zmenšení stability břehů, usazování splavenin ve zdrži a zhoršení chodu ledu přes jezové těleso viz kap. 2.8 [15], [17].

3.2 Rozdělení jezů

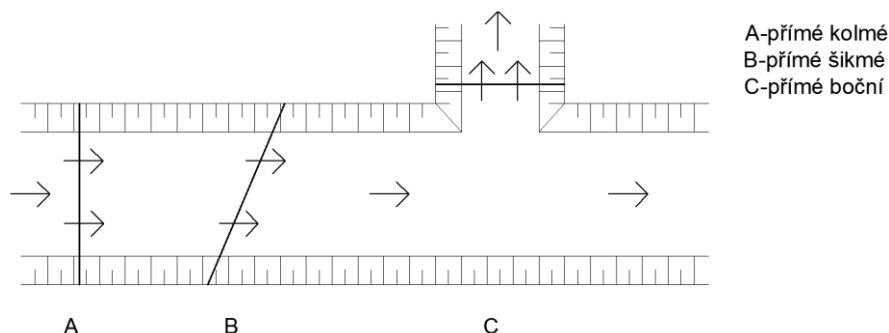
3.2.1 Podle konstrukce

Podle charakteru konstrukce se jezy dělí na:

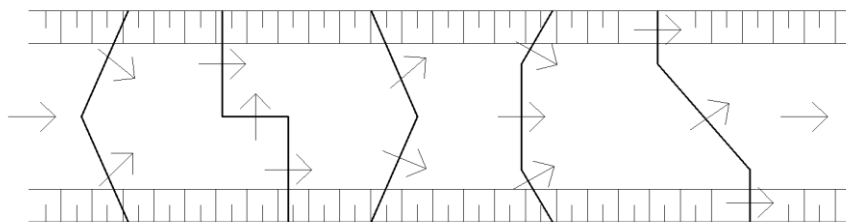
- Pevný jez Jez, při jehož vybudování nelze regulovat výšku vzduť vodní hladiny. Výška vodní hladiny se mění s průtočným množstvím.
- Pohyblivý jez Pevná jezová spodní stavba, na které jsou umístěny pilíře a pohyblivý uzávěr. Pohyblivý uzávěr umožňuje regulaci výšky vzduť vodní hladiny.
- Smíšený jez Ze dvou nebo více částí vedle sebe, kdy jedna část tvoří pevný jez a zbylé části jsou pohyblivé.

3.2.2 Podle půdorysného tvaru

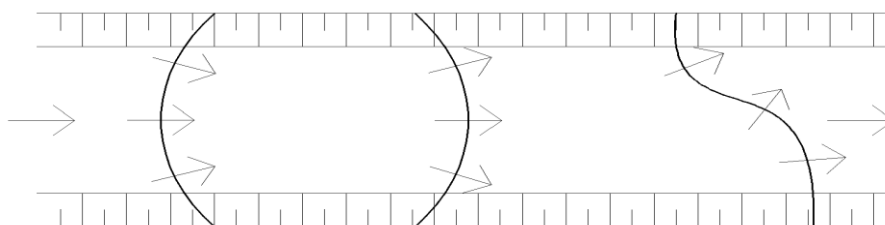
Dělí se na přímé, lomené a zakřivené viz obr. 10, 11, 12.



Obr. 10 Jezy přímé



Obr. 11 Jezy lomené



Obr. 12 Jezy zakřivené

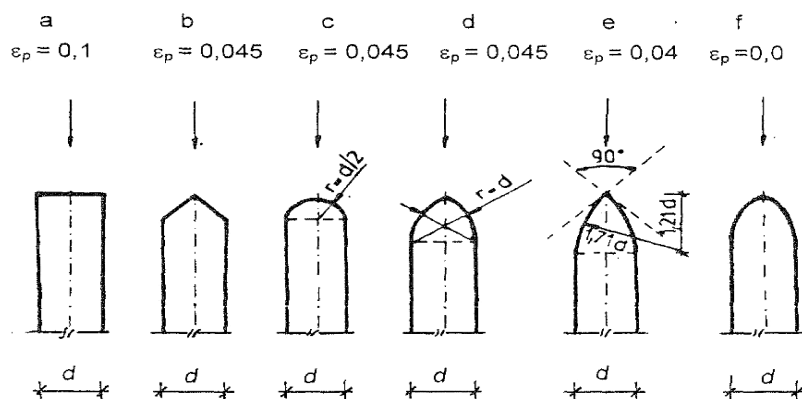
3.3 Hydraulika přelivu

Pro výpočet přepadového množství přes jezová tělesa můžeme použít následující rovnici [18] :

$$Q = \sigma_z * m * b_0 * \sqrt{2g} * h_0^{3/2} \quad (3.3.1)$$

$$b_0 = b - (n\varepsilon_p + 2\varepsilon_k) * h_0 \quad (3.3.1)$$

σ_z	Součinitel zatopení (pro dokonalý přepad $\sigma_z=1$, pro nedokonalý $\sigma_z<1$)
b_0	Účinná šířka přelivu
b	Šířka přelivu
n	Počet kontrakcí
h_0	Energetická přepadová výška
m	Součinitel přepadu
g	Gravitační zrychlení
ε_p	Tvarový součinitel boční kontrakce návodního pilíře (viz obr. 13)
ε_k	Tvarový součinitel kontrakce bočních křídel břehového pilíře



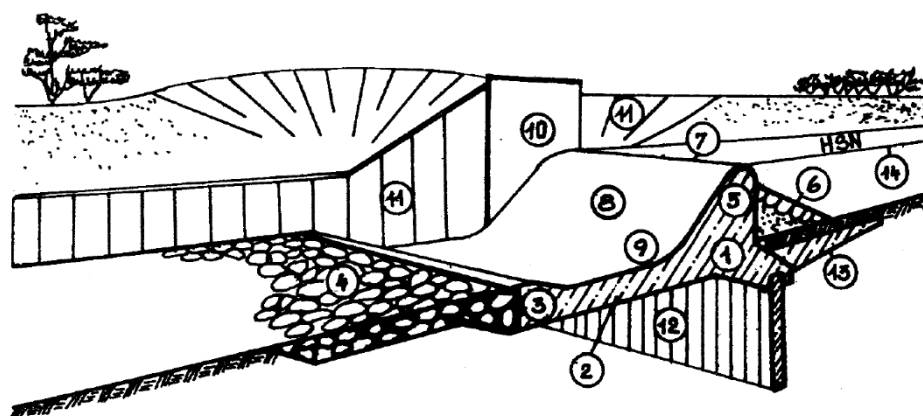
Obr. 13 Přední i zadní zhlaví návodního pilíře [15]

3.4 Pevný jez

Jezová konstrukce je vybudována jako pevná nepohyblivá a neobsahuje žádné pohyblivé uzávěry ani vyhraditelné konstrukce. Části pevného jezu viz obr. 14. Pro vytvoření pevného jezového tělesa se používají různé materiály - jako jsou dřevo, kamen, zdivo, beton a železobeton. Zvláštním případem pevného jezu jsou jezy násoskové. Úroveň neboli vzdutí vodní hladiny v nadjezí je závislé na velikosti průtoku, který přes jezovou konstrukci přepadá. Pevné jezy mají hojně uplatnění například při využívání a úpravách horských toků, kdy je velký sklon nivelety dna a je zapotřebí jeho snížení pro stabilizaci dna a břehů koryta. Další využití mají na menších řekách s vysokými břehy a malým transportem splavenin, kde nevedí velké kolísání hladin a častá změna úrovně hladiny podzemní vody v okolí jezu [15], [17].

Výhody - poměrně malé stavební, provozní a udržovací náklady stavby
- automatická funkce bez jakékoli obsluhy
- osvědčená poměrně bezporuchová konstrukce
- jednodušší stavba než pohyblivé jezy

Nevýhody - nemožnost regulovat hladinu stálého nadržení
- vybudováním pevného jezu dojde k ovlivnění ledochodu, pohybu splavenin a možnosti zanášení jezové zdrže
- kolísání hladiny stálého nadržení může způsobit rozkolísání úrovně hladiny podzemní vody v okolí jezu



1-jezové těleso
4-kamenný zához
7-přelivná hrana
10-břehový pilíř

13-vodorovný těsnící prvek

2-vývarová deska

5-koruna jezového tělesa

8-přelivná plocha

11-jezová křídla

14-HSN-hladina stálého nadržení

3-vývarový práh

6-předprsí jezu

9-přechodová plocha

12-svislý těsnící prvek

Obr. 14 Části pevného jezu [17]

3.5 Pohyblivý jez

Pohyblivá jezová konstrukce vzdouvá vodu pohyblivým uzávěrem, který je umístěn na pevné spodní stavbě jezu mezi jezovými dělicími nebo břehovými pilíři. Části pohyblivého jezu jsou patrné na obr.16. Manipulace s pohyblivými uzávěry se provádí pro udržení provozní hladiny nad jezem na úrovni H_{SV} . S pohyblivými uzávěry je možno (dle konstrukce) manipulovat různým způsobem zvedat nahoru, spouštět dolů, otáčet, sklápět a podobně. Za průtoku velké vody se pohyblivé jezové uzávěry úplně vyhradí. Důvodem je uvolnění celého průtočného profilu pohyblivého jezu nad jeho spodní stavbou. Manipulace s uzávěry může být ruční, mechanická nebo se využívá hydrostatického tlaku. Pohyblivé jezy se půdorysně řeší s osou kolmou na osu vodního toku a pouze zřídka se řeší s osou zakřivenou nebo lomenou. Celková průtočná šířka pohyblivého jezu, to je vzdálenost mezi břehovými pilíři, se musí obvykle rozdělit dělicími jezovými pilíři na několik jezových polí. To má za následek zmenšení průtočné šířky jezu. I přes to, že konstrukce pohyblivého jezového uzávěru připouští jediné jezové pole o velké průtočné šířce, tak se často tento průtočný profil dělí alespoň na 2 jezová pole. Důvodem je usnadnění údržby, nátěry a opravy uzávěrů i spodní stavby jezu. Dále také z provozních důvodů, kdy může dojít k náhodnému porušení uzávěru a zůstane nám tedy možnost manipulace s uzávěrem v jednom jezovém poli. Na pilíře se často osazují ovládací zařízení jezových uzávěrů a obslužná lávka. Před pohyblivým uzávěrem se umísťuje provizorní hrazení, které umožňuje postupné revize, opravy, a nátěry jezových uzávěrů a to i za provozu [15], [17].

Výhody

- možnost udržovat hladinu stálého vzduší na potřebné úrovni
- snadnější převádění ledu při manipulaci s uzávěry (rozbourání ledové celiny)
- snadnější převádění splavenin přes jez, jelikož je možnost proplachování jezu
- stavba je bezpečnější za průtoku velkých vod

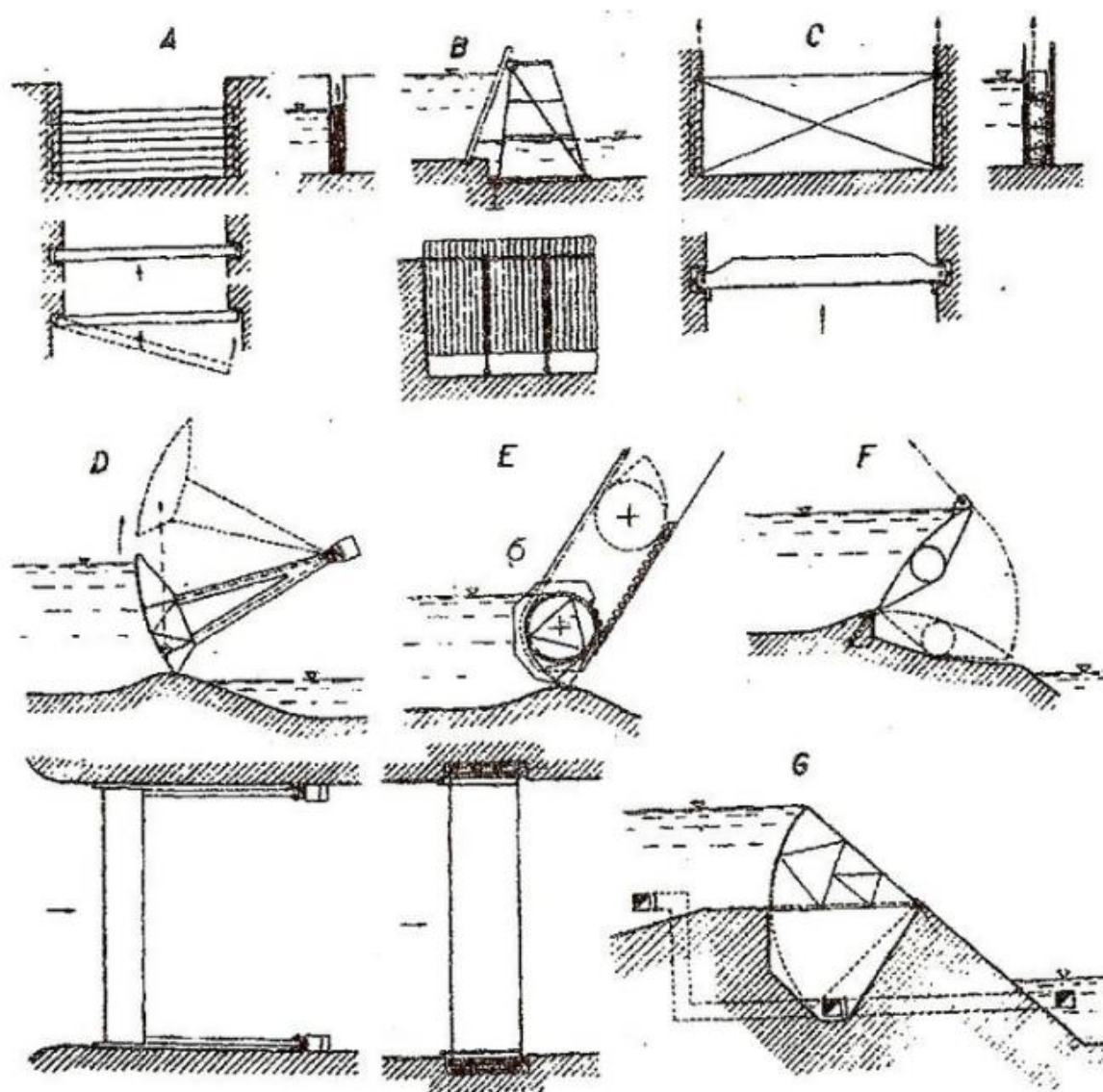
Nevýhody

- ekonomicky a technicky náročnější stavba
- větší provozní a udržovací náklady
- možnost poruchy ovládacích zařízení
- nutnost členění na jezová pole a tím zmenšení průtočného profilu
- vybudování obslužné lávky

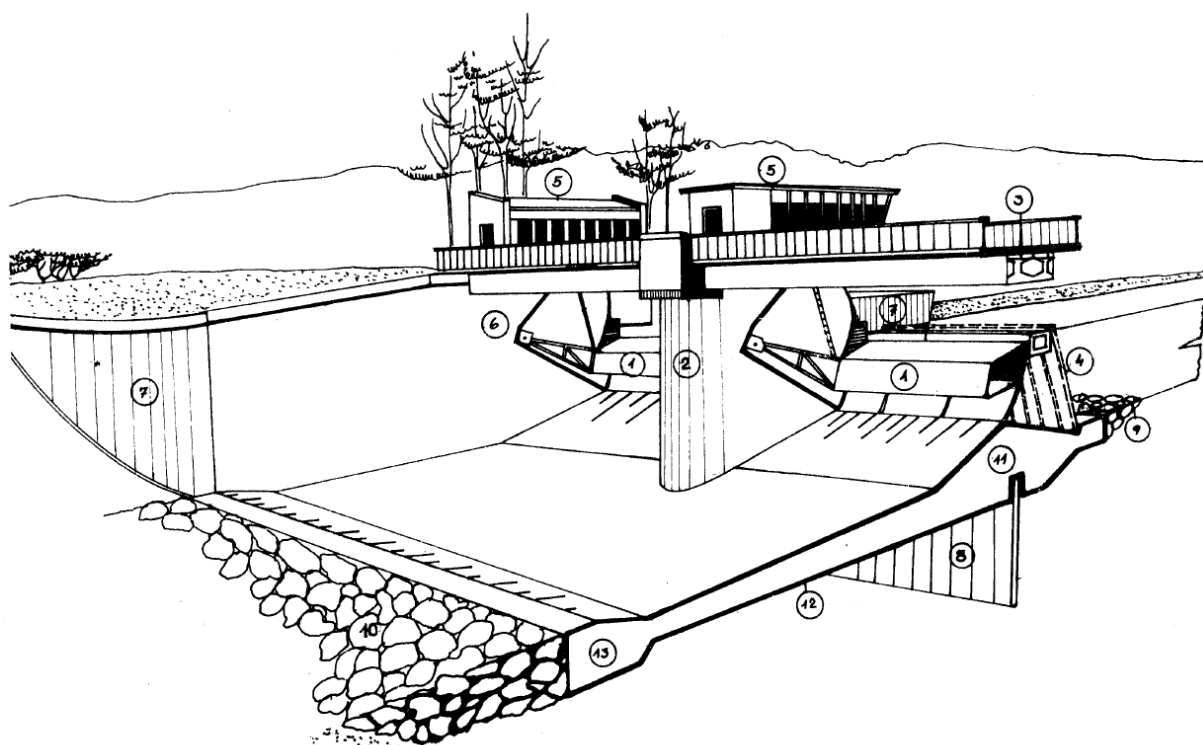
Pohyblivé jezy se rozdělují podle konstrukce na [15] :

- slupicové jezy (A-hradidlový, B-hradlový, C-stavidlový)
- tabulové jezy
- válcové jezy - E
- segmentové jezy - D
- poklopové jezy (například klapkový jez) - F
- hydrostatické jezy - G
- vakové (pneumatické) jezy

Schémat jednotlivých pohyblivých jezů jsou patrná na obr. 15.



Obr. 15 Pohyblivé jezy [15]



1-pohyblivý uzávěr
4-provizorní hrazení
7-křídla jezu
10-opevnění dna podjezí
13-závěrečný prah vývaru

2-dělicí pilíř
5-strojovna
8-svislý těsnicí prvek
11-pevná spodní stavba

3-obslužná lávka
6-nábřežní pilíř
9-opevnění dna nadjezí
12-vývarová deska

Obr. 16 Části pohyblivého jezu [17]

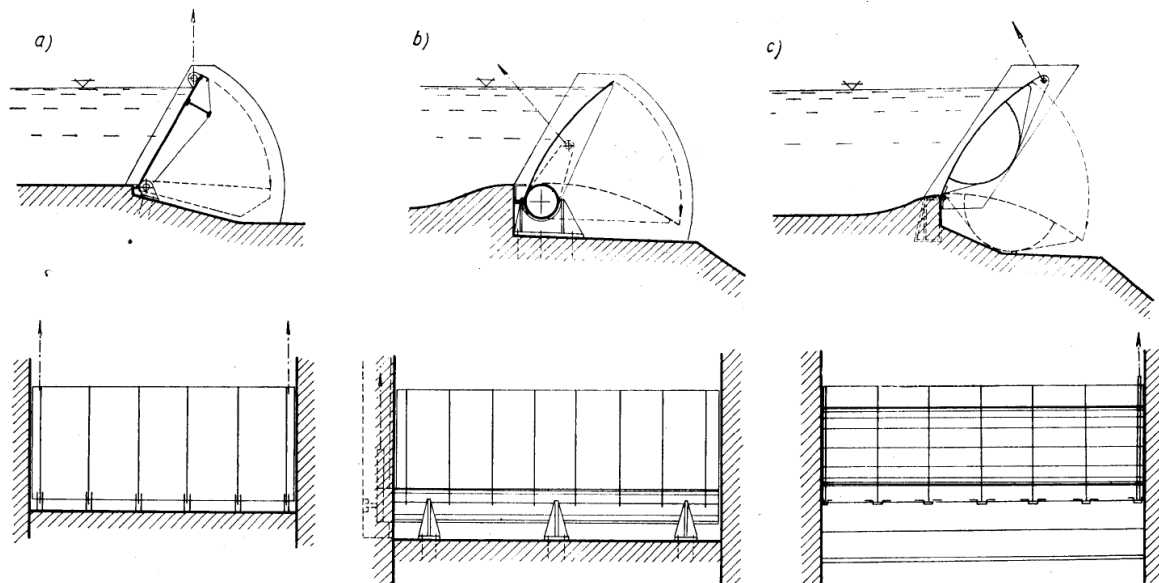
Dále se podrobněji věnuji vybraným typům pohyblivých jezových uzávěrů, které jsou pro zájmové území nejvhodnější. Jsou to pokloповý (klapkový) a vakový (pneumatický) jez.

3.5.1 Pokloповý (klapkový) jez

Jezy pokloповé se staly dalším vývojovým stupněm po slupicových jezích. Na místo hradel se začaly umísťovat desky řazené vedle sebe jako hradla, kdy byla každá deska opatřena vzpěrou pro udržení v šikmé poloze. Sklopení desky probíhalo vysunutím vzpěry a následným sklopením desky do dna jezového profilu, kdy se poklop připojoval kloubově k pevné spodní stavbě. Následné vztyčení probíhalo pomocným mechanickým zařízením nejčastěji jeřábem a vyzvednuto na požadovanou úroveň. Postupná modifikace poklopů byla v umístění kloubů a to s otočným kloubem umístěným na pevné spodní stavbě (pod hladinou vzduché vody), nad spodní stavbou (uprostřed hrazené výšky) nebo nad hladinou vzduché vody [15], [17].

V současnosti se největšího uplatnění dočkaly pokloповé uzávěry s pokloпы otočnými kolem spodní hrany, které jsou kloubově kotveny ke spodní stavbě jezu. Takovýto uzávěr nazýváme klapkou neboli klapkový jezový uzávěr. Klapky jsou dnes nejpoužívanějším druhem

pokloповých uzávěrů. Vlastní vývoj klapky prošel od deskové klapky na troubovou klapku až na současnou dutou klapku. Schéma jednotlivých typů klapek viz obr. 17 [15], [17].



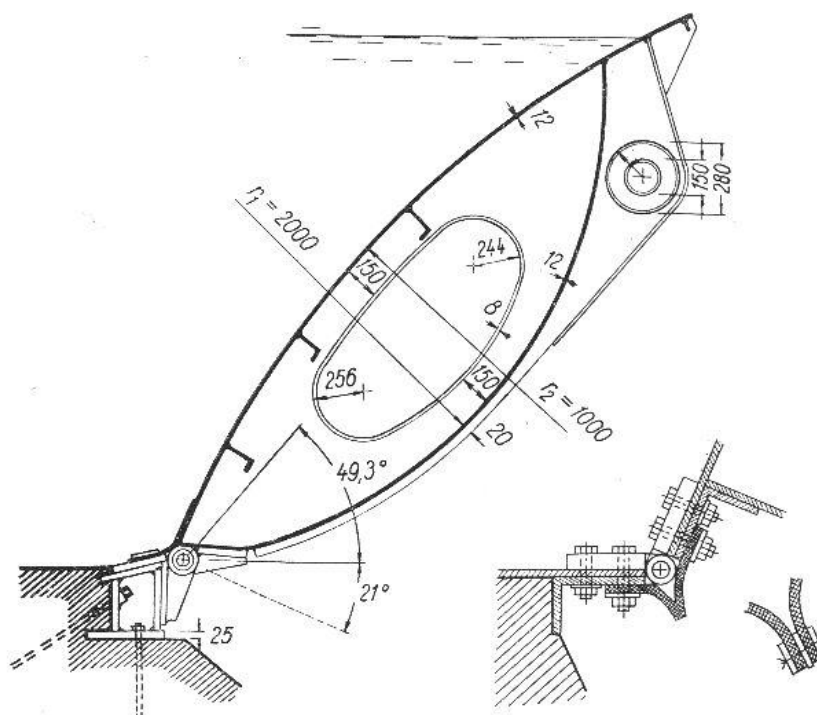
Obr. 17 Základní druhy klapek: a) desková; b) troubová; c) dutá [15]

Hladina vzduté vody se udržuje na stálé úrovni přepadem vody přes klapky sklopené na požadované úrovni. Zároveň s vodou lze propouštět i plovoucí předměty unášené tokem, ledové kry i tříšť a to bez značnějších ztrát vody. Přepadový paprsek zatěžuje podjezí méně než u jiných jezových soustav jezových uzávěrů. Další velkou výhodou klapkového uzávěru je, že se zatížení od vodního tlaku i vlastní tíha přenášejí z větší části ložisky do pevné spodní stavby jezu a to rovnoměrně po celé délce a z ní dále do podloží, které je také rovnoměrně namáháno. Zbytek sil působících na klapky přenášejí pohybovací mechanismy. Výhodou klapek je to, že jsou poměrně lehké konstrukce [15], [17].

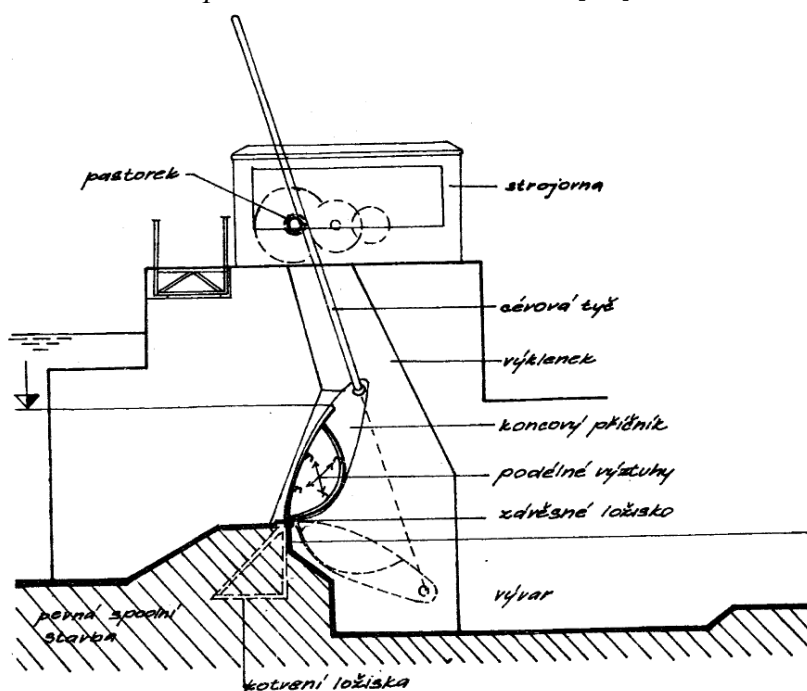
Klapky nejsou vhodné pro návrh pohyblivého jezu do míst, kde se vyskytuje trvalý a značný chod splavenin, protože například při velkých vodách mohou splaveniny zanést vývar jezu a následně znemožnit vztyčení a následné sklopení klapky. V takových případech je nutno osadit proplachovací kanály do spodní stavby jezu, které jsou vyústěny pod klapky, proto se klapkové jezové uzávěry hodí spíše pro nešterkonosné toky a pro nasazení na vyšší spodní stavbu. Klapky jsou náchylné na rozkmitání, proto je jejich hradící stěna vhodně hydraulicky zaoblena, horní hrana je opatřena rozražeči a prostor pod nimi je dokonale zavzdušněn. Tímto se docílí zmenšení až odstranění rozkmitání klapkového uzávěru. Použití pro menší hrazené výšky [15], [17].

Dutá klapka splňuje velmi dobře požadavek prostorové tuhosti, kdy je hydrostatický tlak přenášen hradicím plechem do závěsných ložisek a jejich kotvením do spodní stavby. Dutá klapka se vyznačuje tím, že se jedná o jednotné duté těleso, které má v příčném řezu čokovitý tvar. Nejčastějším pohybovacím mechanismem klapky je cévová tyč, která má výhodu i v tom, že lze nuceně sklopit i klapku, která je mírně přimrzlá k pilířům. Nevýhodou cévové tyče především u vysokých kapek je to, že může dojít k rozkmitání volného konce tyče, které se přenáší na pohybovací mechanismus i na klapku. Řešením je někdy nahrazení cévové tyče Gallovým řetězem, který se na svém volném konci řadí do smyček zavěšených na rámu ve strojovně na pilíři. Klapky mohou být zvedány také zespodu tak, že je klapka

podpírána ve dvou místech ocelovými písty, které jsou vytlačovány nebo spouštěny hydraulicky tlakem oleje [15], [17].



Obr. 18 Vyztužení a uložení duté svařované klapky závěsovými ložisky na spodní stavbě s úpravou těsnění v ose otáčení [17]



Obr. 19 Schéma klapkového jezu [17]

3.5.2 Vakový (pneumatický) jez

Konstrukce vakového jezu spočívá v naplnění vaku vodou, který je připevněn na pevné spodní stavbě jezu. Připevnění vaku ke spodní stavbě se obvykle provádí dvěma U-profil, kdy je jeden připevněn kotvami do spodní stavby, na který se následně navaří upevňovací profily (šrouby) z korozivzdorné oceli a po přeložení pásu vaku se volné konce na tyto upevňovací šrouby navlečou. Na takto přeloženou a navlečenou folii na upevňovacích šroubech se nasadí druhý U-profil, který se přitáhne maticemi, které jsou také z korozivzdorné oceli. Upevnění vaku k pevné spodní stavbě se ukládá na rovinnou plochu, která je na návodní straně vyvýšena přibližně o 10cm. Takovýto schodek chrání upevnění vaku před dynamickým namáháním splaveninami a jinými sunutými předměty. Vak (folie) se vyrábí z různých materiálů jako jsou gumotextilie, folie z umělých hmot nebo nylon-neoprenová tkanina. Vztyčení (vzdutí) vaku je prováděno většinou napouštěním přetlakovou vodou, která je vpouštěna přes přetlakovou komoru potrubím umístěným v pevné spodní stavbě do vaku. Dostatečný tlak v přetlakové komoře udržuje vztyčený vak. Přetlak je vyvolán čerpadlem. Vypuštění vaku se docílí vypouštěcím potrubím, které spojuje přetlakovou komoru s podjezím, na kterém je umístěn uzávěr. Vypouštění a napouštění vaku je dnes obvykle řízeno automaticky plovákovým spínačem. Když hladina v nadjezí dosáhne maximální výše, plovákový spínač zapne pohon uzávěru a začne se vypouštět voda z vaku do podjezí a naopak poklesne-li voda v nadjezí plovákový spínač uvede do provozu čerpadlo, které zvýší tlak v přetlakové komoře a vak se začne napouštět. Části vakového jezu jsou patrné na obr.20 [15], [17].

Výhody

- poměrně nízké pořizovací a udržovací náklady
- úspora oceli
- možnost plné automatizace provozu, tím menší nároky na obsluhu i údržbu
- jednoduchá obsluha a údržba ovládání konstrukce
- jednoduchá konstrukce od výroby, dopravy až po montáž

Nevýhody

- kratší doba životnosti materiálu vaku přibližně 10 let
- možnost protržení vaku například plovoucími předměty nebo také vandalizmem
- choulostivý zimní režim (ledochod), získání zkušeností z provozu v zimě

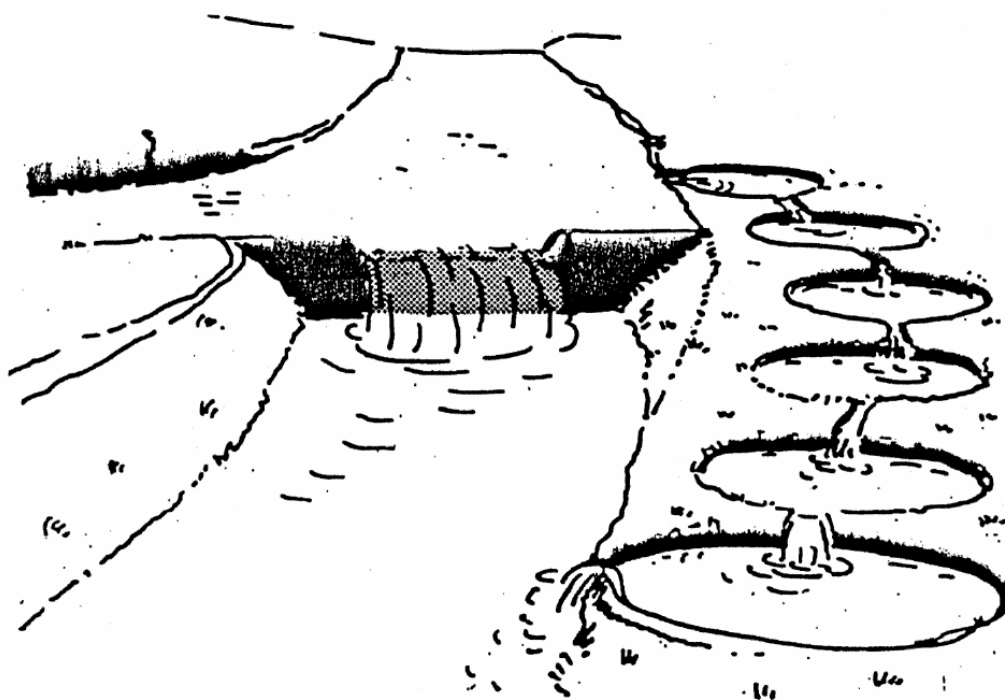


Na vodních tocích se budují spádové objekty z důvodu snížení podélného sklonu koryta, vzduť vody pro odběr, stabilizaci koryta. Tyto vybudované objekty tvoří migrační překážky. Nejčastější migrační překážkou je jezové těleso nebo MVE. Z důvodu výskytu migračních překážek na vodním toku se zřizují rybí přechody. Rybím přechodem rozumíme stavbu umožňující rybám a jiným vodním živočichům libovolný přesun po toku, a to přechod z dolní vody do horní vody a naopak. Tyto objekty zaručují vodním živočichům snadnější překonání spádových objektů. Návrh správného typu rybiho přechodu závisí na druhu rybiho pásma, které se v dané lokalitě vyskytuje. Zastoupení jednotlivé rybi obsádky v zájmovém území bylo popsáno v kap. 2.12.

30

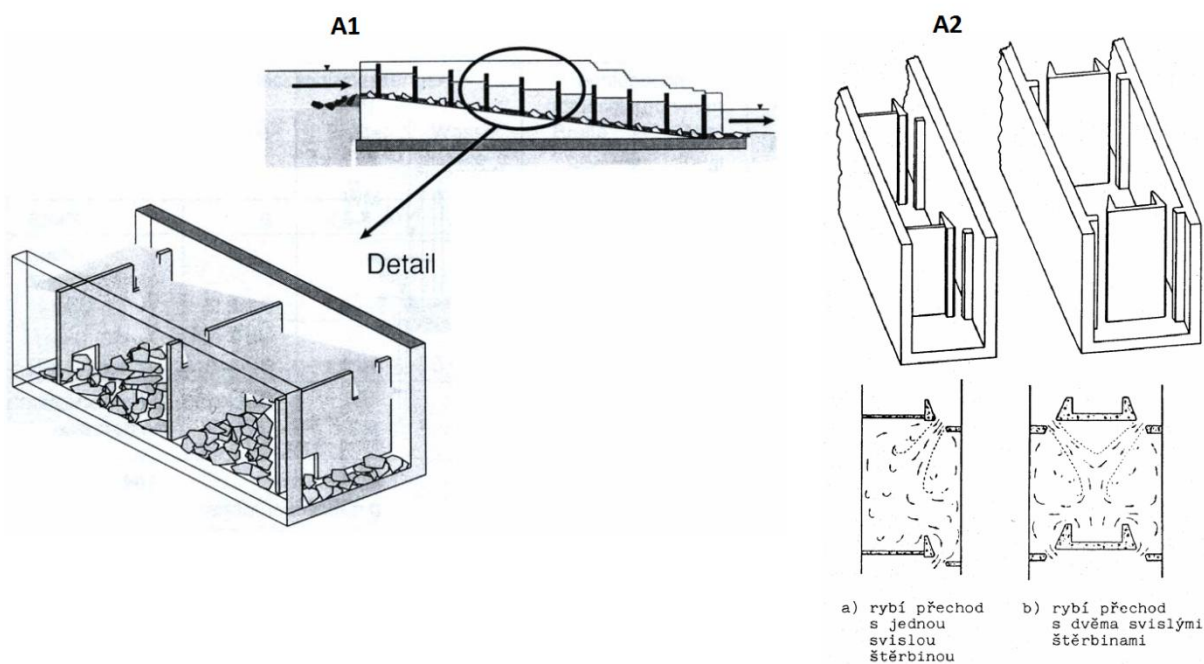


Obr. 22 Obtokový kanál [11]

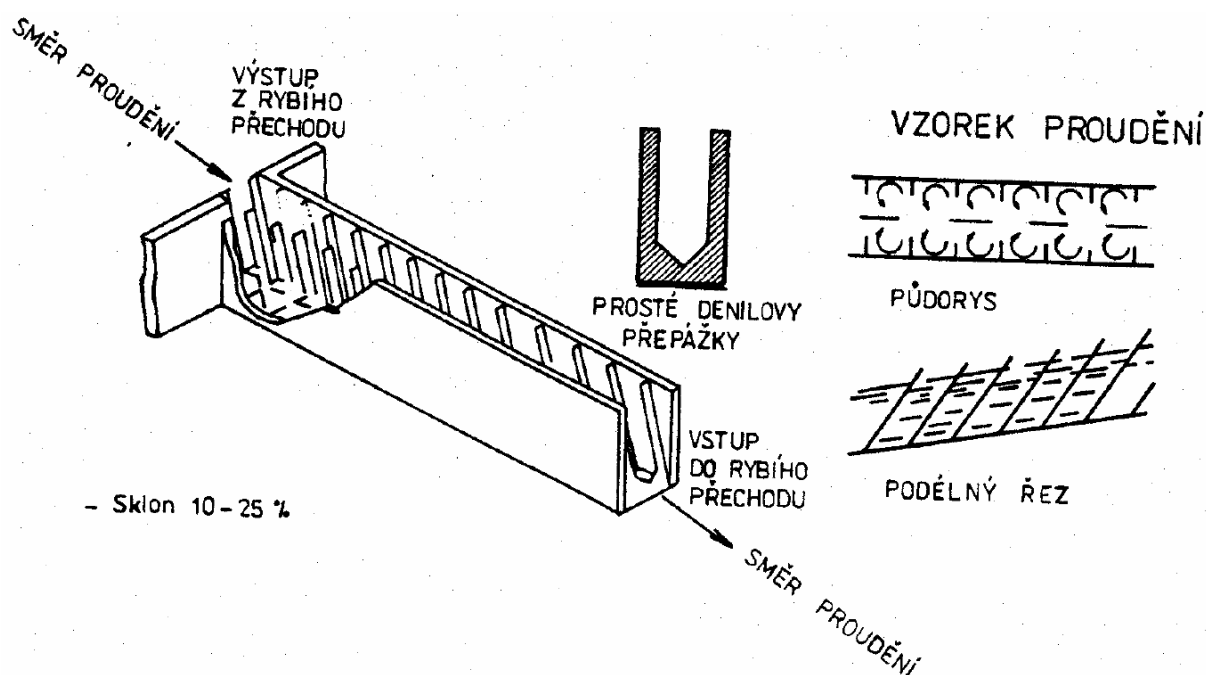


Obr. 23 Tůňový rybí přechod [11]

Technické typy rybích přechodů jsou šterbinový, komůrkový, Denilův, propustkový, rybí komory a rybí výtahy viz obr. 24, 25.



Obr. 24 Rybí přechod: A1) komůrkový; A2) šterbinový [11]



Obr. 25 Denilův rybí přechod [11]

3.7 Zhodnocení

Jako nejvhodnější typy konstrukce pro řešenou lokalitu se jeví klapka a vak. Při volbě bylo přihlédnuto k porovnání výhod a nevýhod jednotlivých konstrukcí. Dále je v tab. 2 uvedeno porovnání vybraných typů pohyblivých uzávěrů klapkového a vakového:

KLAPKOVÝ UZÁVĚR	VÝHODY	+ možnost propouštění i plovoucích předmětů unášených tokem
		+ přepadový paprsek méně zatěžuje podjezí
		+ velmi dobře splňuje požadavek prostorové tuhosti
		+ přenášení vodního tlaku i vodní tíhy přes ložiska do pevné spodní stavby rovnoměrně po celé délce
		+ jsou to poměrně lehké konstrukce
		+ cévovou tyčí lze sklopit klapku i mírně přimrzlou k pilířům
	NEVÝHODY	- vhodné pro menší hrazené výšky
		- nevhodné do míst se značným výskytem chodu splavenin
		- možnost zanešení a znemožnění vztyčení nebo sklopení
		- jsou náchylné na rozkmitání
		- dlouhá cévová tyč je náchylná na rozkmitání volného konce
		- osazení rozražečů proudu na horní hraně klapky
VAKOVÝ UZÁVĚR	VÝHODY	+ poměrně nízké pořizovací a udržovací náklady
		+ úspora oceli
		+ možnost plné automatizace provozu a tím menší nároky na obsluhu i údržbu
		+ jednoduchá obsluha a údržba ovládání konstrukce
		+ jednoduchá konstrukce od výroby, dopravy až po montáž
	NEVÝHODY	- kratší doba životnosti materiálu vaku přibližně 10 let
		- možnost protržení vaku například plovoucími předměty nebo vandalizmem
		- choulostivý zimní režim (ledochod), získání zkušeností z provozu v zimě

Tab. 2 Výhody a nevýhody klapkového a vakového uzávěru

Pro návrh pohyblivého jezu v zájmovém území byl zvolen klapkový uzávěr. Z důvodu výhod vyplívajících z tab. 2 a s přihlédnutím k tomu, že se jedná o frekventovanou lokalitu, kde je možnost poškození. Ovládání klapky bylo zvoleno jednostranné elektromotorem a cévovou tyčí.

Pro návrh rybího přechodu byl zvolen rybí přechod šterbinový s jednou svislou šterbinou. Tento rybí přechod je vhodný pro parmové i pstruhové pásmo, které se v zájmovém území nachází.

4 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

Zájmové území bylo podrobněji popsáno v kap. 2.2. Poloha řeky Svitavy byla popsána v kap. 2.3. Dále se věnujeme popisu současného stavu koryta řeky Svitavy a objektů, které se v zájmovém území nacházejí a ovlivňují průtokové poměry v řece. Veškeré objekty a křížení různých vedení s tokem v zájmovém území je vyznačeno v příloze P.1.

4.1 *Popis koryta nad a pod jezem*

Zájmové území se nachází na řece Svitavě a začíná v km 9,620 u prefabrikovaného jezu Maloměřice a končí pod dřevěným mostem pro pěší v km 10,365 [6].

Řeka Svitava je v intravilánu města převážně upraveným tokem vyjma úseku mezi jezem Maloměřice (ř. km 8,833) a zaústěním Cacovického náhonu (ř. km 9,238). Další neupravený úsek toku je od jezu Cacovice (ř. km 10,157) po most Obřany (ř. km 10,775). V úseku nad jezem v Obřanech, který je v km 10,950, přechází koryto Svitavy do přírodního toku [6].

V zájmovém území je koryto toku nad jezem Cacovice neupraveno a má přírodní charakter. Vyskytuje se zde větší množství dřevin, keřů a tím i výskyt kořenů na svazích koryta. Upraveno je pod jezem Cacovice viz obr. 26 a má tvar jednoduchého lichoběžníku s levobřežní a pravobřežní ochrannou hrází o následujících parametrech [6] :

- šířka dna koryta 15m
- sklony svahů 1:1,5 a to i na vzdušné straně ochranné hráze
- šířka koruny ochranné hráze 3m a je oseta
- opevnění paty svahu je z lomového kamene a nad patkou je kamenný zához, zbytky svahů jsou osety a pomístně se objevují dřeviny z náletu.



Obr. 26 Současný stav koryta toku pod jezem Cacovice

4.2 *Popis pevného jezu*

Řešený stávající pevný jez Cacovice je situován na řece Svitavě v km 10,157. Jez je ve vlastnictví Povodí Moravy, s.p. [2].

Pohled na současný stav jezu je patrný na obr. 27. Pevný jez je betonový s proudnicovou přelivnou plochou. Některé půdorysné rozměry a výškové kóty jsou patrné z přílohy P.2,

kteřá je výstupem samostatného účelového geodetického zaměření v zájmové lokalitě [2], [6]. Rozměry konstrukce jsou následující:

- výška 3,2m
- šířka přelivné hrany 44,80m
- přelivná hrana je skloněná: 209,510 m n.m. u pravého břehu
209.474 m n.m. ve středu přelivné hrany
209,480 m n.m. u levého břehu
- kapacita přelivu je na $Q=135\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
- dno v nadezí leží na kótě 208,00 m n.m.
- dno v podjezí leží na kótě 206,72 m n.m.



Obr. 27 Současný stav pevného jezu Cacovice

4.3 Popis vodního díla

Stávající pevný jez vzdouvá vodu pro vodní dílo MVE Cacovice na Svitavě. MVE Cacovice je derivační, nízkotlaká, poloautomatická. Je vybudována v prostoru bývalého mlýnského (nyní skladového) objektu. Elektrický proud se dodává do veřejné sítě e-onu. Jedná se o staré vodní dílo, kdy je osazena stávající turbína z roku 1929 [2].

Vodní dílo MVE Cacovice se skládá z následujících objektů [2] :

- **pevný betonový jez** - viz kap. 4.2
- **náhon** - (derivace) Nad jezem Cacovice je umístěno v km 10,16 pravobřežní odbočení náhonu. Příčný profil je jednoduchý lichoběžník se sklony svahů 1:1 a šířkou dna pohybující se od 7m do 10m. Celková délka náhonu je asi 755m. Na vtoku do náhonu je osazena plovoucí normá stěna a u dna je vybudován práh výšky 0,5m. Vtokový objekt na náhonu je hrazený dvěma dřevěnými tabulemi šířky 2,75m a výšky 2,15m. Pohyb tabulových uzávěrů je elektromotorem a cévovou tyčí.

- **strojovna MVE** - je zde osazena dvojité horizontální Francisova turbína s maximálním odběrem $Q_{turb.}=4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s převodovkou a generátorem, dosahujícím asi $154 \text{ ks}=113,19 \text{ kW}$ při spádu $H_{max}=3,3\text{m}$. Součástí strojovny je jalový odpad se stavidlem a vtokové jemné česle vybavené čistícím strojem (s brodicími řetězy).
- **odpadní koryto** - Pravobřežní zaústění do Svitavy v km 9,238 (maloměřická jezová zdrž). Příčný profil je jednoduchý lichoběžník se sklony svahů 1:1 a šířkou dna pohybující se od 5m do 7m. Celková délka odpadního koryta je asi 375m.

Objekty vodního díla MVE (náhonu) jsou vlastnictvím Ing. Hynka. Pouze pevný betonový jez Cacovice je ve vlastnictví Povodí Moravy, s.p. [2].

4.4 Popis ostatních objektů v zájmovém území

V zájmovém území se dále nachází mosty, lávky a jezy. Tyto objekty mají vliv na průtokové poměry v zájmovém území. Následuje popis těchto objektů.

- **říční kilometr 9,620** - Zde se nachází prefabrikovaný jez Maloměřice (viz obr. 28). Přelivná hrana jezu leží na kótě 207,24 m n.m. Dno v podjezí 205,54 m n.m. a v nadjezí 206,16 m n.m. [6]



Obr. 28 Současný stav prefabrikovaného jezu Maloměřice

- **říční kilometr 9,865** - Zde se nachází betonová lávka pro pěší Cacovice (viz obr. 29). Lávka je podepřena pilířem v průtočném profilu, který nepříznivě ovlivní odtokové poměry. Šířka mostu je 1,50m, délka 26m a horní hrana mostovky leží na kótě 210,75m n.m. Spodní hrana mostovky 210,22 m n.m. [6], [13].



Obr. 29 Současný stav betonové lávky pro pěší Cacovice

- **řiční kilometr 10,365** - Zde se nachází dřevěný most pro pěší (viz obr. 30). Most je podepřen dvěma pilíři umístěnými na březích koryta. Šířka mostu je 2,5m, délka 28m a výšková kóta horní hrany mostovky je 212,32m n.m. [13].



Obr. 30 Současný stav dřevěného mostu pro pěší

4.5 Popis rozsahu záplavového území

Pro určení rozsahu záplavového území v zájmové lokalitě byly využity podklady z Generelu odvodnění města Brna z roku 2007 [6] a z Atlasu záplavových území [5].

Z následujících obrázků 31 a 32 je patrný rozsah zaplaveného území při úrovních hladin průtoků Q_5 , Q_{20} a Q_{100} .

4.5.1 Rozsah rozlivu Q_5

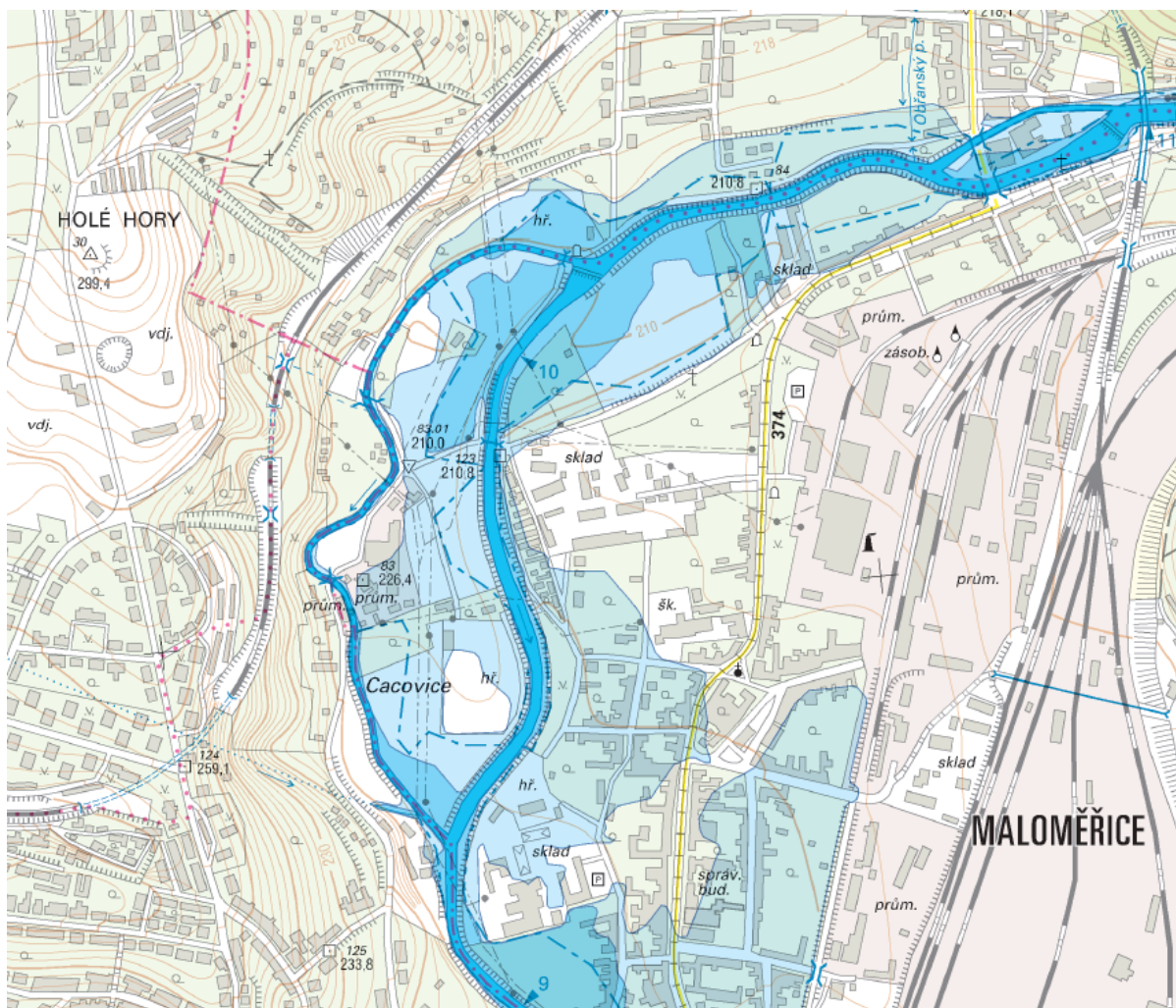
Při úrovni hladiny vody pětiletého průtoku nedochází v zájmovém území k rozlivu vody (viz obr. 31 a 32).

4.5.2 Rozsah rozlivu Q_{20}

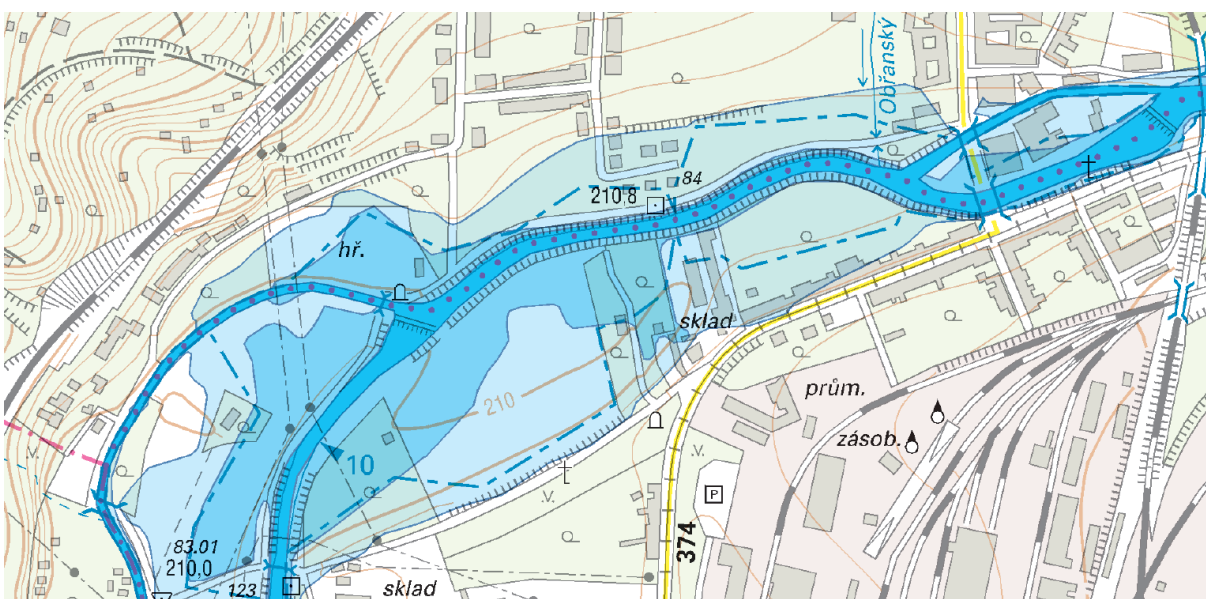
Při úrovni hladiny vody dvacetiletého průtoku dochází v zájmovém území k rozlivu vody na levý břeh pod mostem Obřany a na pravý břeh u pevného jezu Cacovice, kde je zasaženo fotbalové hřiště. Dále dochází k rozlivu na levý i pravý břeh pod jezem Cacovice a na výustním úseku Cacovického ostrova (viz obr. 31 a 32).

4.5.3 Rozsah rozlivu Q_{100}

Při úrovni hladiny stoletého průtoku dochází v zájmovém území k rozlivu vody na Cacovický ostrov, do zahrad na levém a pravém břehu pod mostem Obřany a na levý břeh u pevného jezu Cacovice, kde je zasažena i zástavba. Dále dochází k zaplavení sportovního areálu na Cacovickém ostrově včetně dvou fotbalových hřišť a na levobřežní pozemky nad i pod jezem Maloměřice, kde dochází k zasažení zástavby (viz obr. 31 a 32).



Obr. 31 Mapa záplavových území [5]



Obr. 32 Detail záplavových území nad pevným jezem Cacovice [5]

4.5.4 *Zhodnocení stupně ochrany*

Stávající stupeň protipovodňové ochrany zájmového území je přibližně na úrovni hladiny při průtoku Q_5 . V případě povodní vyšších než Q_{50} by došlo ke škodám na majetku. K výraznějšímu rozlivu vody na Cacovický ostrov a na fotbalové hřiště u jezu Cacovice dochází již od dvacetileté povodně. Přestavbou stávajícího pevného jezu na jez pohyblivý by mohlo dojít ke snížení hladiny v nadeji a tím zvýšení stupně ochrany.

5 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

5.1 Hydrologická data

Ve výpočtu byly použity návrhové průtoky popsané v kapitole 2.3. Dále byly průtokové poměry v korytě nad a pod stávajícím pevným jezem převzaty z generelu odvodnění města Brna z roku 2007 a jsou uvedeny v následující tabulce [6] :

POD JEZEM - ř. km 8,692			NAD JEZEM - ř. km 10,775		
Q_N	$průtok [m^3 \cdot s^{-1}]$	$h [m]$	Q_N	$průtok [m^3 \cdot s^{-1}]$	$h [m]$
1	40.0	2.09	1	40.0	1.99
5	83.0	2.82	5	83.0	2.84
10	101.0	3.11	10	101.0	3.11
20	123.0	3.37	20	123.0	3.30
50	154.0	3.75	50	154.0	3.60
100	180.0	4.04	100	180.0	3.82

Tab. 3 Hodnoty Q - h křivky pro N - leté průtoky na řece Svitavě [6]

V nadjezí se nachází náhon na stávající MVE, která odebírá $Q_{MVE} = 4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Z hlediska toho, že se jedná o poměrně malý průtok vzhledem k návrhovým průtokům uvedeným v tab. 3 se v nadjezí s odebíraným množstvím na MVE neuvažuje. S tímto odběrem se neuvažuje v generelu odvodnění města Brna z roku 2007 [6].

Jelikož se jedná o zastavěnou oblast, byl jako návrhový průtok zvolen $Q_N = Q_{100} = 180 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

5.2 Hladina stálého vzduť

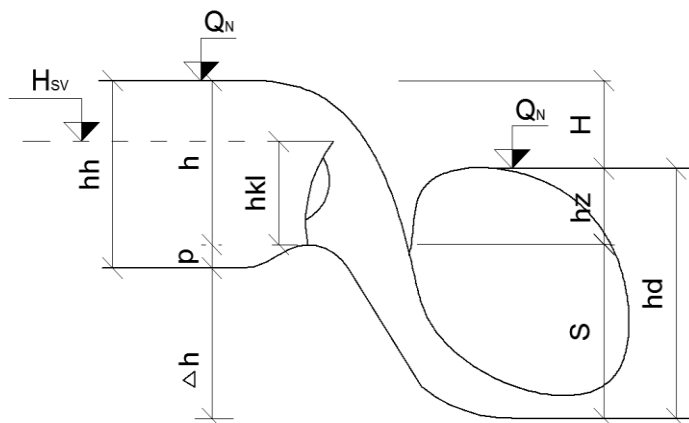
Volba úrovně hladiny stálého vzduť závisí na potřebě vody v zájmovém území, která byla popsána v kapitole 2.9. Požadovaný odběr v zájmovém území je $Q_{od} = Q_{MVE} = 4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Hladina stálého vzduť byla zvolena o 0,53m výše než se nachází stávající hladina na pevném jezu. Podrobnější popis určení H_{SV} je uveden v kapitole 7.1.

Zvolená úroveň hladiny stálého vzduť je $H_{SV} = 210 \text{ m n.m.}$

5.3 Návrh spodní stavby

Pro návrh spodní stavby jezu byl zvolen Jamborův práh a to z důvodu dobrých hydraulických vlastností a menších rozměrů konstrukce než lichoběžníkový profil. Práh dále netvoří překážku při průchodu splavenin a umožňuje jednoduché provedení spodní stavby.

Jednotlivé konstrukční rozměry a základní výpočtové parametry jsou uvedeny na obr. 33.



Obr. 33 Výpočtové schéma spodní stavby jezu

Výškové kóty:

- kóta horního dna 208,00 m n.m.
- kóta dolního dna 206,72 m n.m.
- kóta hladiny stálého vzduť 210,00 m n.m.
- kóta přelivné hrany pevného prahu 208,60 m n.m.
- kóta úrovně hladiny při Q_N v nadjezí 211,82 m n.m.
- kóta úrovně hladiny při Q_N v podjezí 210,76 m n.m.

Konstrukční rozměry:

- $h_h = 3,82$ m Hloubka horní vody při Q_N [6]
- $h_d = 4,04$ m Hloubka dolní vody při Q_N [6]
- $\Delta h = 1,28$ m Výškový rozdíl horního a dolního dna
- $h_{kl} = 1,40$ m Výška hradící konstrukce (klapky)
- $p = 0,60$ m Výška spodní stavby nad horním dnem
- $h = 3,22$ m Přepadová výška při Q_N
- $H = 1,06$ m Spád hladin při Q_N
- $h_z = 2,16$ m Výška dolní vody nad přelivnou hranou
- $s = 1,88$ m Výška spodní stavby nad dolním dnem

5.3.1 Návrh pevného prahu

Výška prahu p je navržena v závislosti na hloubce h , kdy h je hloubka vody nad korunou prahu při Q_N . Je vhodné navrhnout výšku tak, aby byl poměr $p/h = 0,15 - 0,25$.

Hodnoty součinitele přepadu m se pohybují v intervalu $0,42$ až $0,53$. Součinitel přepadu se při návrhu určil podle *J. Skaličky* a *Laca s kontrakcí u břehu, břehové pilíře plavně vytvořené*.

Návrhové parametry:

- $p = 0,60$ m Návrhová výška Jamborova prahu nad horním dnem
- $h = 3,22$ m Přepadová výška nad korunou prahu při Q_N

Ověření návrhu výšky prahu:

$$p / h = 0,15 - 0,25$$

$$p / h = 0,186$$

Návrh výšky 0,60m Jamborova prahu vyhovuje.

Stanovení hodnoty součinitele přepadu:

dle J. Skaličky [20] :
$$m = 0,36273 + 0,05616 \frac{h}{p} - 0,009213 \left(\frac{h}{p} \right)^2 \quad (5.3.1)$$

lze použít v rozmezí $0,5 < h / p < 2,8$

$0,5 < 5,37 > 2,8 \Rightarrow$ **Nevyhovuje**

dle Laca s kontrakcí u břehu, břehové piliře plavně vytvořené [16] :

lze použít v rozmezí

$$0,08 < p / h < 0,6$$

$$0,08 < 0,186 < 0,6 \Rightarrow$$
 Vyhovuje

$$m = 0,435$$

$$m = \frac{2}{3} \left(\frac{0,6}{\left(\frac{p}{h} \right)^{0,05}} \right)$$

Stanovení součinitele přepadu dle J. Skaličky nevyhovuje. Pro návrh byly zvoleny hodnoty součinitele přepadu dle Laca, kdy je požadované rozmezí pro použití vyhovující. Nejvyšší hodnota součinitele přepadu pro Jamborův práh je stanovena 0,435.

5.3.2 Výpočet potřebné šířky přelivu pro Q_N

Byl proveden výpočet, kdy se zjistila minimální potřebná šířka přelivu pro Q_N .

Návrhové parametry:

- $p = 0,60 \text{ m}$ Návrhová výška Jamborova prahu nad horním dnem
- $h = 3,22 \text{ m}$ Přepadová výška nad korunou prahu při Q_N
- $Q_N = 180 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ Návrhový průtok
- $m = 0,435$ Součinitel přepadu

$$b = \frac{Q_N}{m \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}} \quad (5.3.2)$$

$$b = 16,17 \text{ m}$$

Potřebná šířka přelivu

Při předpokladu potřebné šířky klapkového jezového pole 16,17m se dá předpokládat, že budou navržena 2 jezová pole. Navrhovaná hodnota šířky přelivu je 20m.

5.3.3 Návrh hradící konstrukce a ověření kapacity

Pro návrh hradící konstrukce se vycházelo z úrovně hladiny stálého vzduší a výšky spodní stavby nad horním dnem. Celková šířka konstrukce B_C byla stanovena na základě výpočtu potřebné šířky přelivu v předchozí kapitole 5.3.2. Návrh šířky a počtu jezových polí je proveden tak, aby byl kapacitní průtok přes přeliv větší než návrhový průtok.

○ $H_{SV} = 210,00$ m n.m.	Kóta hladiny stálého vzdutí
○ $208,60$ m n.m.	Kóta koruny pevného Jamborova prahu
○ $m = 0,435$	Součinitel přepadu
○ $\alpha = 1,05$	Coriolisovo číslo
○ $h = 3,22$ m	Hloubka vody nad korunou prahu při Q_N
○ $h_z = 2,16$ m	Výška dolní vody nad korunou přelivu
○ $h_{kl} = 1,40$ m	Výška hradící konstrukce (klapky)
○ 2 jezová pole	
○ $\check{s}_u = 10,0$ m	Šířka jednoho pole hradící konstrukce
○ $d = 3,00$ m	Šířka dělicího pilíře
○ $B_C = 23,0$ m	Celková šířka konstrukce
○ $n = 2$	Počet kontrakcí
○ $\epsilon_P = 0,045$	Součinitel zúžení [17]
○ $\epsilon_K = 0,060$	Součinitel pilířů [17]

$$v_0 = \frac{Q_N}{B_C * h_h} = 2,049 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (5.3.3)$$

$$k = \frac{\alpha * v_0^2}{2g} = 0,225 \text{ m} \quad (5.3.4)$$

$$h_0 = k + h = 3,445 \text{ m} \quad (5.3.5)$$

$$b_0 = (2 * \check{s}_u) - ((n * \epsilon_P + 2 * \epsilon_K) * h_0) = 19,28 \text{ m} \quad (5.3.6)$$

$$h_z / h_0 = 0,63 \Rightarrow \sigma = 0,987$$

$$Q_{KAP} = \sigma * m * b_0 * \sqrt{2g} * h_0^{3/2} = 234,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (5.3.7)$$

$$\begin{array}{ccc} Q_{KAP} & > & Q_N \\ 234,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} & > & 180 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \text{Vyhovuje} \end{array}$$

Návrh počtu a šířky jezových polí pro Jamborův práh vyhovuje. Kapacitní průtok pro navržený přeliv je vyšší než návrhový, kdy je dosaženo rezervy 30,22%. Navrhovaný jez je předimenzovaný především z důvodu využití cca celé šířky toku, aby se koryto nemuselo příliš zužovat. Navržená šířka konstrukce je 23,0m, kdy je menší než stávající šířka pevného jezu 44,80m. Tento prostor bude využit pro rybí přechod.

5.4 Měrná křivka přelivu

Výpočet měrné křivky přelivu byl proveden pro návrhový průtok, kdy se postupně volily jednotlivé výšky přepadového paprsku až do výšky odpovídající Q_N . Postup návrhu je patrný z tab. 4, 5 a je znázorněn do grafu (viz obr. 34).

Použité vzorce:

$$Q = m * 2\check{s}_u * \sqrt{2g} * h^{3/2}$$

$$B_{j0} = (2\check{s}_u) - ((n * \epsilon_P + 2 * \epsilon_K) * h_0)$$

$$h_0 = k + h$$

$$k = \frac{\alpha * v_0^2}{2g}$$

$$Q_k = \sigma_z * m * B_{j0} * \sqrt{2g} * h_0^{3/2}$$

$$A = (2\check{s}_u + d) * (h + p)$$

$$h_z = h_d - s$$

$$m = \frac{2}{3} \left(\frac{0,6}{\left(\frac{p}{h}\right)^{0,05}} \right)$$

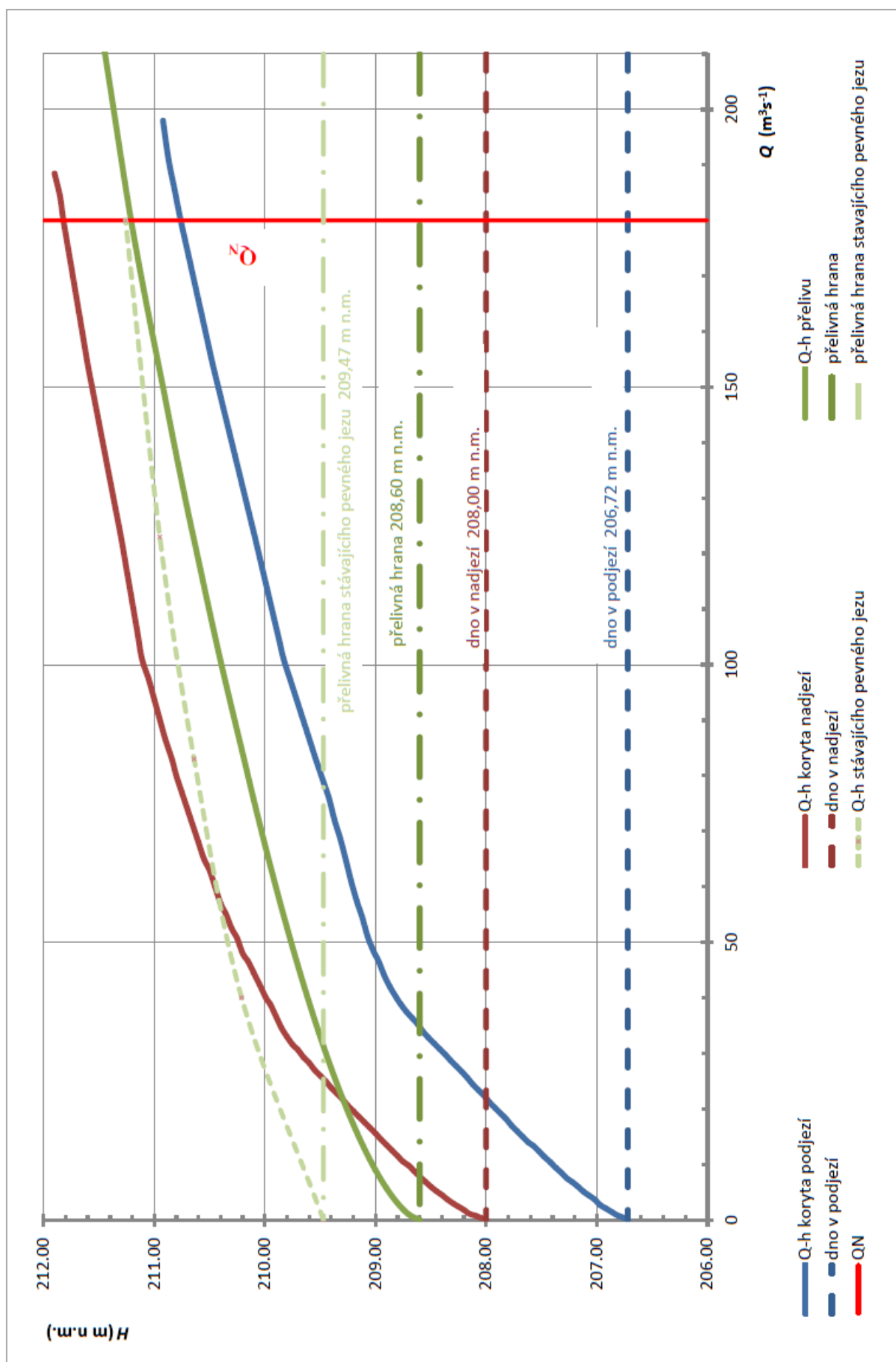
Při výpočtu bylo zohledněno ověření platnosti pro použití vzorce na stanovení hodnoty součinitele přepadu m podle Skaličky a Laca.

h (m)	m	A (m ²)	Q (m ³ /s)	vo (m/s)	k (m)	ho (m)	Bjo (m)	hd (m)	hz (m)	hz/ho	σz	Q _k (m ³ /s)	Q - Q _k	0.05 Q
0.1	0.366	16.1	1.02	0.06	0.000	0.10	19.98	0.05	-1.83	-18.260	1	1.03	0	0.05
0.2	0.379	18.4	3.00	0.16	0.001	0.20	19.96	0.25	-1.63	-8.092	1	3.03	0.03	0.15
0.3	0.386	20.7	5.62	0.27	0.004	0.30	19.94	0.40	-1.48	-4.869	1	5.72	0.09	0.28
0.4	0.392	23.0	8.78	0.38	0.008	0.41	19.91	0.60	-1.28	-3.139	1	9.00	0.22	0.44
0.5	0.396	25.3	12.41	0.49	0.013	0.51	19.89	0.80	-1.08	-2.106	1	12.83	0.41	0.62
0.5	0.396	25.3	12.83	0.51	0.014	0.51	19.89	0.80	-1.08	-2.102	1	12.86	0.03	0.62
0.6	0.400	27.6	16.47	0.60	0.019	0.62	19.87	1.00	-0.88	-1.422	1	17.15	0.68	0.82
0.6	0.400	27.6	17.15	0.62	0.021	0.62	19.87	1.05	-0.83	-1.337	1	17.21	0.07	0.82
0.7	0.403	29.9	20.91	0.70	0.026	0.73	19.85	1.20	-0.68	-0.936	1	21.93	1.02	1.05
0.7	0.403	29.9	21.93	0.73	0.029	0.73	19.85	1.25	-0.63	-0.864	1	22.05	0.12	1.05
0.8	0.406	32.2	25.72	0.80	0.034	0.83	19.82	1.45	-0.43	-0.515	1	27.15	1.42	1.29
0.8	0.406	32.2	27.15	0.84	0.038	0.84	19.82	1.50	-0.38	-0.453	1	27.34	0.19	1.29
0.9	0.408	34.5	30.88	0.89	0.043	0.94	19.80	1.70	-0.18	-0.191	1	32.78	1.90	1.54
0.9	0.408	34.5	32.78	0.95	0.048	0.95	19.80	1.75	-0.13	-0.137	1	33.06	0.28	1.54
1.0	0.410	36.8	36.35	0.99	0.052	1.05	19.78	1.90	0.02	0.019	1	38.80	2.45	1.82
1.0	0.410	36.8	38.80	1.05	0.060	1.06	19.78	2.05	0.17	0.160	1	39.20	0.40	1.82
1.1	0.412	39.1	42.14	1.08	0.062	1.16	19.76	2.15	0.27	0.232	1	45.20	3.06	2.11
1.1	0.412	39.1	45.20	1.16	0.072	1.17	19.75	2.20	0.32	0.273	1	45.75	0.54	2.11
1.2	0.414	41.4	48.22	1.16	0.073	1.27	19.73	2.25	0.37	0.291	1	51.96	3.74	2.41
1.2	0.414	41.4	51.96	1.26	0.084	1.28	19.73	2.35	0.47	0.366	1	52.67	0.71	2.41
1.3	0.416	43.7	54.59	1.25	0.084	1.38	19.71	2.40	0.52	0.376	1	59.07	4.47	2.73
1.3	0.416	43.7	59.07	1.35	0.098	1.40	19.71	2.45	0.57	0.408	1	59.97	0.91	2.73
1.4	0.417	46.0	61.24	1.33	0.095	1.49	19.69	2.50	0.62	0.415	1	66.51	5.27	3.06
1.4	0.417	46.0	66.51	1.45	0.112	1.51	19.68	2.55	0.67	0.443	1	67.63	1.13	3.06
1.5	0.419	48.3	68.15	1.41	0.107	1.61	19.66	2.55	0.67	0.417	1	74.27	6.11	3.41
1.5	0.419	48.3	74.27	1.54	0.127	1.63	19.66	2.65	0.77	0.473	1	75.64	1.37	3.41
1.6	0.420	50.6	75.32	1.49	0.119	1.72	19.64	2.65	0.77	0.448	1	82.34	7.01	3.77
1.6	0.420	50.6	82.34	1.63	0.142	1.74	19.63	2.75	0.87	0.500	1	83.98	1.65	3.77

Tab. 4 Postup výpočtu měrné křivky přelivu - část I.

h (m)	m	A (m ²)	Q (m ³ /s)	vo (m/s)	k (m)	ho (m)	Bjo (m)	hd (m)	hz (m)	hz/ho	σz	Q _k (m ³ /s)	Q - Q _k	0.05 Q
1.70	0.421	52.9	82.74	1.56	0.131	1.83	19.62	2.75	0.87	0.475	1	90.70	7.96	4.14
1.70	0.421	52.9	90.70	1.71	0.157	1.86	19.61	2.90	1.02	0.549	0.9955	92.23	1.53	
1.80	0.423	55.2	90.41	1.64	0.144	1.94	19.59	2.90	1.02	0.525	0.9975	99.12	8.71	4.52
1.80	0.423	55.2	99.12	1.80	0.173	1.97	19.59	3.05	1.17	0.593	0.9910	100.65	1.53	
1.90	0.424	57.5	98.31	1.71	0.156	2.06	19.57	3.05	1.17	0.569	0.9935	107.60	9.29	
1.90	0.424	57.5	107.60	1.87	0.187	2.09	19.56	3.15	1.27	0.608	0.9895	109.57	1.96	4.92
1.90	0.424	57.5	109.57	1.91	0.194	2.09	19.56	3.20	1.32	0.630	0.9870	109.82	0.26	
2.00	0.425	59.8	106.45	1.78	0.170	2.17	19.54	3.15	1.27	0.585	0.9915	116.53	10.08	
2.00	0.425	59.8	116.53	1.95	0.203	2.20	19.54	3.25	1.37	0.622	0.9880	118.78	2.26	5.32
2.00	0.425	59.8	118.78	1.99	0.211	2.21	19.54	3.30	1.42	0.642	0.9860	119.18	0.39	
2.10	0.426	62.1	114.81	1.85	0.183	2.28	19.52	3.25	1.37	0.600	0.9900	125.74	10.93	
2.10	0.426	62.1	125.74	2.02	0.219	2.32	19.51	3.40	1.52	0.655	0.9845	128.00	2.26	5.74
2.10	0.426	62.1	128.00	2.06	0.227	2.33	19.51	3.40	1.52	0.653	0.9850	128.72	0.71	
2.20	0.427	64.4	123.39	1.92	0.196	2.40	19.50	3.37	1.49	0.622	0.9880	135.11	11.72	
2.20	0.427	64.4	135.11	2.10	0.236	2.44	19.49	3.50	1.62	0.665	0.9835	137.75	2.63	6.17
2.20	0.427	64.4	137.75	2.14	0.245	2.44	19.49	3.55	1.67	0.683	0.9820	138.31	0.56	
2.30	0.428	66.7	132.19	1.98	0.210	2.51	19.47	3.45	1.57	0.625	0.9875	144.92	12.72	
2.30	0.428	66.7	144.92	2.17	0.253	2.55	19.46	3.60	1.72	0.674	0.9830	147.86	2.94	6.61
2.30	0.428	66.7	147.86	2.22	0.263	2.56	19.46	3.65	1.77	0.691	0.9810	148.44	0.58	
2.60	0.430	73.6	159.86	2.17	0.252	2.85	19.40	3.75	1.87	0.656	0.9845	175.44	15.58	
2.60	0.430	73.6	175.44	2.38	0.304	2.90	19.39	3.95	2.07	0.713	0.9780	178.93	3.49	7.99
2.60	0.430	73.6	178.93	2.43	0.316	2.92	19.39	4.00	2.12	0.727	0.9750	179.48	0.55	
3.00	0.434	82.8	199.56	2.41	0.311	3.31	19.30	4.20	2.32	0.701	0.9800	218.86	19.30	
3.00	0.434	82.8	218.86	2.64	0.374	3.37	19.29	4.20	2.32	0.688	0.9815	225.33	6.47	9.98
3.00	0.434	82.8	225.33	2.72	0.396	3.40	19.29	4.20	2.32	0.683	0.9820	227.64	2.31	
3.22	0.435	87.86	222.69	2.53	0.344	3.56	19.25	4.20	2.32	0.651	0.9850	245.85	23.16	
3.22	0.435	87.86	245.85	2.80	0.419	3.64	19.24	4.20	2.32	0.638	0.9865	253.85	8.00	11.13
3.22	0.435	87.86	253.85	2.89	0.447	3.67	19.23	4.20	2.32	0.633	0.9870	256.81	2.96	

Tab. 5 Postup výpočtu měrné křivky přelivu - část II.

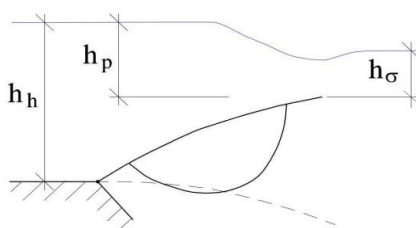


Obr. 34 Graf měrné křivky přelivu

5.5 Měrné křivky při manipulaci s uzávěry

Při manipulaci s uzávěry bylo uvažováno navýšení hladiny stálého vzduť o 0,20m (210,20 m n.m.) vůči hladině uvažované při zahrazeném klapkovém uzávěru (210,00 m n.m.). Důležitým krokem bylo určení součinitele přepadu m podle Čiháka, který závisí na poloze sklopení klapky a na geometrickém tvaru hradící plochy. Vzhledem k poloze klapky a výšce přepadového paprsku se mění charakter přepadu od ostrohranného až po přepad přes širokou korunu, kdy je klapka zcela sklopená. Pro určení hodnot součinitele přepadu m bylo využito hodnot z tab. 6, kde se vychází z jednotlivých poměrů výšek vztažených k hladině při Q_N (viz obr. 35). Navržené hodnoty při jednotlivých výškách sklopení jsou uvedeny v tab. 7. Byly zvoleny 2 návrhové stavy manipulace s uzávěry (viz tab. 8 a 9), které jsou znázorněny do grafu na obr. 36 :

- Synchronní pohyb uzávěrů
- Jedna klapka zahrazená - například pro možnost kontrol a oprav



Obr. 35 Schéma pro určení součinitele přepadu [17]

h_p/h_h	Poměr $h_σ/h_h$			
	0,0	0,1	0,5	0,7
0,10	0,479	0,479	0,487	0,487
0,20	0,456	0,456	0,461	0,465
0,30	0,435	0,435	0,438	0,441
0,40	0,416	0,416	0,418	0,421
0,50	0,399	0,399	0,398	0,396
0,60	0,384	0,384	0,373	0,368
0,70	0,372	0,372	0,355	0,348
0,80	0,368	0,368	0,351	0,343
0,90	0,378	0,378	0,370	0,363
1,00	0,443	0,443	0,413	0,409

Tab. 6 Orientační hodnoty součinitele přepadu m [17]

poloha	h_i	h_p (m)	h_h (m)	h_p/h_h	m	s (m)
0	h_1	0.10	1.50	0.07	0.483	3.28
	h_2	0.20	1.60	0.13	0.477	3.28
1	h_3	0.40	1.60	0.25	0.438	3.08
2	h_4	0.60	1.60	0.38	0.415	2.88
3	h_5	0.80	1.60	0.50	0.395	2.68
4	h_6	1.00	1.60	0.63	0.372	2.48
5	h_7	1.20	1.60	0.75	0.364	2.28
6	h_8	1.40	1.60	0.88	0.370	2.08
7	h_9	1.50	1.60	0.94	0.384	1.98
8	h_{10}	1.60	1.60	1.00	0.396	1.88

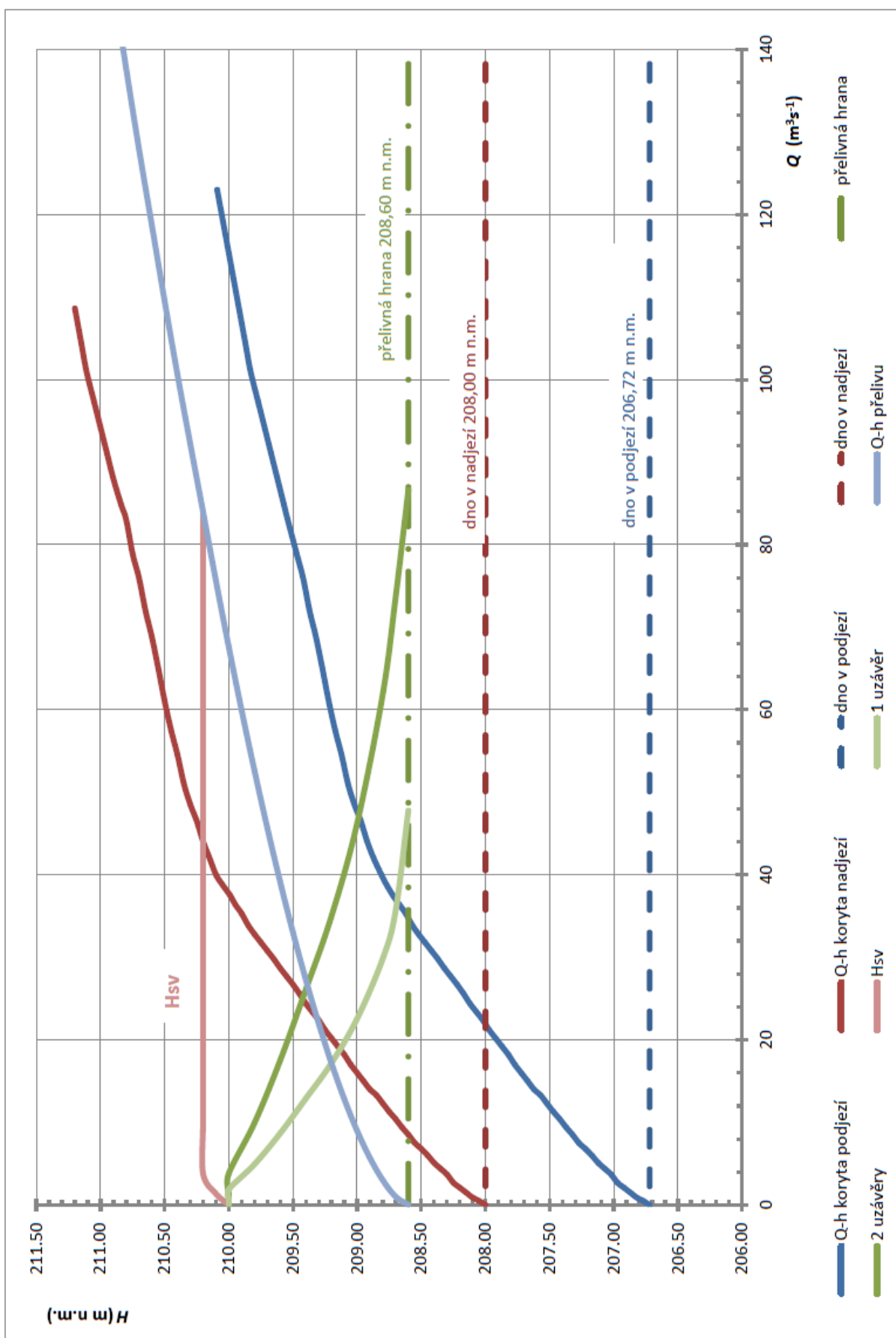
Tab. 7 Manipulace s uzávěry při jednotlivých výškách sklopení

SYNCHRONNÍ POHYB UZÁVĚŘŮ																		
h_P [m]	h_P/h_h	m	A [m ²]	Q_1 [m ³ /s]	v_0 [m/s]	k [m]	h_{P0} [m]	b_0 [m]	h_h [m]	s [m]	h_d [m]	h_σ [m]	h_σ/h_h	h_P/h_h	m_σ	Q_2 [m ³ /s]	Q_1-Q_2 [m ³ /s]	5% Q_1 [m ³ /s]
0.1	0.07	0.483	34.5	1.35	0.04	0.00	0.10	19.98	1.5	3.28	0.10	-3.18	-2.12	0.07	0.483	1.35	0.00	0.07
0.2	0.13	0.477	36.8	3.78	0.10	0.00	0.20	19.96	1.6	3.28	0.30	-2.98	-1.86	0.13	0.477	3.79	0.01	0.19
0.4	0.25	0.438	36.8	9.82	0.27	0.00	0.40	19.92	1.6	3.08	0.65	-2.43	-1.52	0.25	0.438	9.91	0.10	0.49
0.6	0.38	0.415	36.8	17.10	0.46	0.01	0.61	19.87	1.6	2.88	1.05	-1.83	-1.14	0.38	0.415	17.47	0.38	0.85
0.8	0.50	0.395	36.8	25.00	0.68	0.02	0.82	19.83	1.6	2.68	1.40	-1.28	-0.80	0.50	0.395	25.98	0.95	1.25
0.8	0.50	0.395	36.8	26.00	0.71	0.03	0.83	19.83	1.6	2.68	1.45	-1.23	-0.77	0.50	0.395	26.07	0.09	
1.0	0.63	0.372	36.8	33.00	0.90	0.04	1.04	19.78	1.6	2.48	1.80	-0.68	-0.43	0.63	0.372	34.71	1.76	1.65
1.0	0.63	0.372	36.8	34.70	0.94	0.05	1.05	19.78	1.6	2.48	1.85	-0.63	-0.39	0.63	0.372	34.95	0.23	
1.2	0.75	0.364	36.8	42.40	1.15	0.07	1.27	19.73	1.6	2.28	2.15	-0.13	-0.08	0.75	0.364	45.59	3.20	2.12
1.2	0.75	0.364	36.8	45.60	1.24	0.08	1.28	19.73	1.6	2.28	2.20	-0.08	-0.05	0.75	0.364	46.18	0.59	
1.4	0.88	0.370	36.8	54.30	1.48	0.12	1.52	19.68	1.6	2.08	2.35	0.27	0.17	0.88	0.370	60.24	5.94	2.71
1.4	0.88	0.370	36.8	60.20	1.64	0.14	1.54	19.68	1.6	2.08	2.45	0.37	0.23	0.88	0.370	61.83	1.59	
1.5	0.94	0.384	36.8	62.50	1.70	0.15	1.65	19.65	1.6	1.98	2.50	0.52	0.32	0.94	0.380	70.39	7.89	
1.5	0.94	0.384	36.8	70.40	1.91	0.20	1.70	19.64	1.6	1.98	2.60	0.62	0.39	0.94	0.379	72.82	2.44	3.12
1.5	0.94	0.384	36.8	72.80	1.98	0.21	1.71	19.64	1.6	1.98	2.65	0.67	0.42	0.94	0.378	73.51	0.68	
1.6	1.00	0.396	36.8	71.00	1.93	0.20	1.80	19.62	1.6	1.88	2.60	0.72	0.45	1.00	0.390	81.81	10.81	
1.6	1.00	0.396	36.8	81.80	2.22	0.26	1.86	19.61	1.6	1.88	2.75	0.87	0.54	1.00	0.385	85.13	3.32	3.55
1.6	1.00	0.396	36.8	85.10	2.31	0.29	1.89	19.60	1.6	1.88	2.85	0.97	0.61	1.00	0.385	86.62	1.49	

Tab. 8 Výpočet manipulace - synchronní pohyb uzávěrů

JEDNA KLAPKA ZAHRAZENÁ																		
h_P [m]	h_P/h_h -	m	A [m ²]	Q_1 [m ³ /s]	v_0 [m/s]	k	h_{P0} [m]	b_0 [m]	h_h [m]	s	h_d [m]	h_σ [m]	h_σ/h_h -	h_P/h_h -	m_σ -	Q_2 [m ³ /s]	Q_1-Q_2 [m ³ /s]	5% Q_1 [m ³ /s]
0.1	0.07	0.483	19.5	0.68	0.03	0.00	0.10	9.99	1.5	3.28	0.05	-3.23	-2.15	0.07	0.483	0.68	0.00	0.03
0.2	0.13	0.477	20.8	1.89	0.09	0.00	0.20	9.98	1.6	3.28	0.15	-3.13	-1.96	0.13	0.477	1.89	0.00	0.09
0.4	0.25	0.438	20.8	4.91	0.24	0.00	0.40	9.96	1.6	3.08	0.35	-2.73	-1.71	0.25	0.438	4.94	0.03	0.25
0.6	0.38	0.415	20.8	8.54	0.41	0.01	0.61	9.94	1.6	2.88	0.60	-2.28	-1.43	0.38	0.415	8.68	0.14	0.43
0.8	0.50	0.395	20.8	12.50	0.60	0.02	0.82	9.91	1.6	2.68	0.80	-1.88	-1.18	0.50	0.395	12.87	0.35	0.63
0.8	0.50	0.395	20.8	12.90	0.62	0.02	0.82	9.91	1.6	2.68	0.80	-1.88	-1.18	0.50	0.395	12.89	0.03	
1.0	0.63	0.372	20.8	16.50	0.79	0.03	1.03	9.89	1.6	2.48	1.00	-1.48	-0.93	0.63	0.372	17.13	0.65	0.82
1.0	0.63	0.372	20.8	17.10	0.82	0.04	1.04	9.89	1.6	2.48	1.05	-1.43	-0.89	0.63	0.372	17.19	0.07	
1.2	0.75	0.364	20.8	21.20	1.02	0.06	1.26	9.87	1.6	2.28	1.20	-1.08	-0.68	0.75	0.364	22.38	1.19	1.06
1.2	0.75	0.364	20.8	22.40	1.08	0.06	1.26	9.87	1.6	2.28	1.25	-1.03	-0.64	0.75	0.364	22.55	0.17	
1.4	0.88	0.370	20.8	27.20	1.31	0.09	1.49	9.84	1.6	2.08	1.50	-0.58	-0.36	0.88	0.370	29.38	2.23	1.36
1.4	0.88	0.370	20.8	29.40	1.41	0.11	1.51	9.84	1.6	2.08	1.60	-0.48	-0.30	0.88	0.370	29.83	0.46	
1.5	0.94	0.384	20.8	31.30	1.50	0.12	1.62	9.83	1.6	1.98	1.70	-0.28	-0.18	0.94	0.384	34.50	3.25	
1.5	0.94	0.384	20.8	34.50	1.66	0.15	1.65	9.83	1.6	1.98	1.85	-0.13	-0.08	0.94	0.384	35.34	0.84	1.56
1.5	0.94	0.384	20.8	35.30	1.70	0.15	1.65	9.83	1.6	1.98	1.90	-0.08	-0.05	0.94	0.384	35.57	0.23	
1.6	1.00	0.396	20.8	35.50	1.71	0.16	1.76	9.82	1.6	1.88	1.90	0.02	0.01	1.00	0.396	40.06	4.56	
1.6	1.00	0.396	20.8	40.10	1.93	0.20	1.80	9.81	1.6	1.88	2.09	0.21	0.13	1.00	0.435	45.60	5.54	1.77
1.6	1.00	0.396	20.8	45.60	2.19	0.26	1.86	9.80	1.6	1.88	2.20	0.32	0.20	1.00	0.430	47.27	1.67	
1.6	1.00	0.396	20.8	47.30	2.27	0.28	1.88	9.80	1.6	1.88	2.25	0.37	0.23	1.00	0.428	47.77	0.50	

Tab. 9 Výpočet manipulace - jedna klapka zahrazená



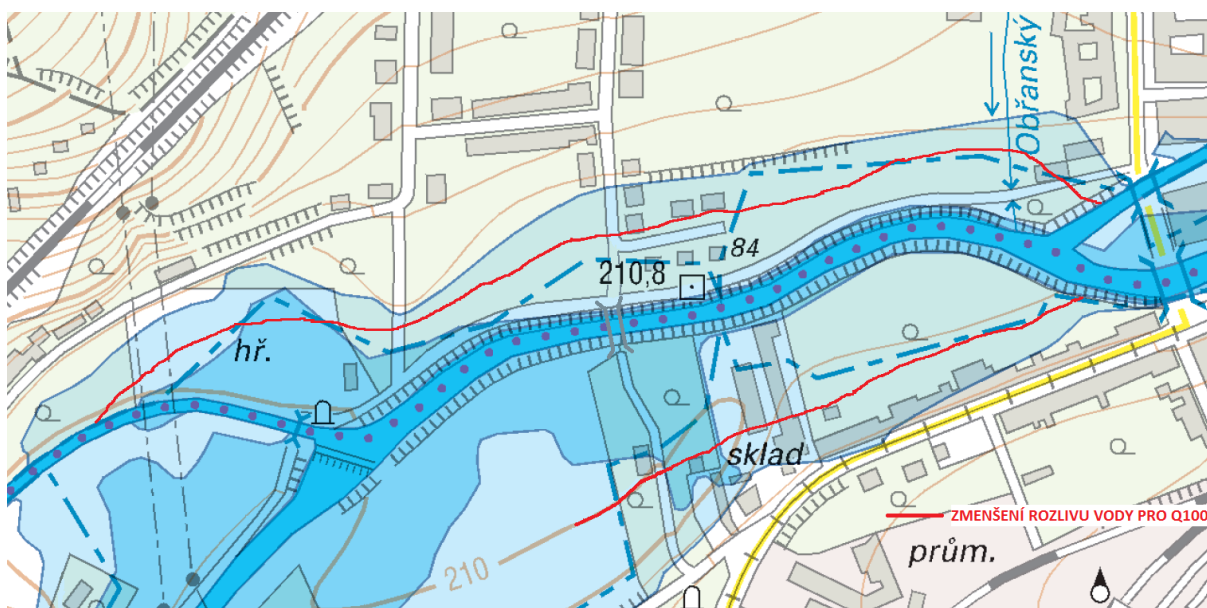
Obr. 36 Graf měrné křivky při manipulaci s uzávěry

5.6 Ovlivnění záplavového území navrhovaným jezem

Při zohlednění kapacity navrhované konstrukce (graf viz obr. 34) je patrné, že dojde k ovlivnění rozsahu záplavového území, protože navrhovaná konstrukce má větší kapacitu než stávající pevný jez.

Vzhledem k rozsahu záplavového území stávajícího stavu (viz kap. 4.5) byl proveden odborný odhad ovlivnění rozlivu vody při úrovních hladiny odpovídající průtokům Q_5 , Q_{20} , Q_{100} . Pro určení možného ovlivnění záplavového území se vycházelo z úrovní hladin pro jednotlivé průtoky na navrhovaném pohyblivém jezu, které jsou patrné z grafu na obr. 34. Dále pak ze záplavového území stávajícího stavu znázorněného na obr. 31, 32 a výškových poměrů toku znázorněných v podélném řezu (viz Příloha P.4).

Při úrovni hladiny vody pětiletého průtoku nebude docházet k rozlivu vody. Veškerá voda bude převedena v korytě toku. Úroveň hladiny odpovídající dvacetiletému průtoku je na kótě 210,95 m n.m. na stávajícím jezu a na kótě 210,64 m n.m. na navrhovaném jezu. Při tomto předpokladu snížení hladiny lze stanovit, že tento průtok bude převeden korytem a nedojde k rozlivu vody do okolního území. Pro stoletý průtok je hladina na kótě 211,26 m n.m. na stávajícím jezu a na kótě 211,20 m n.m. na navrhovaném jezu. Při tomto průtoku je patrné, že nedojde k výraznějšímu poklesu úrovně hladiny, ale dá se předpokládat zmenšení rozlivu oproti stávajícímu stavu. Možné zmenšení rozlivu vody pro Q_{100} je patrné na obr. 37 plnou červenou čarou.



Obr. 37 Zmenšení rozlivu vody při Q_{100}

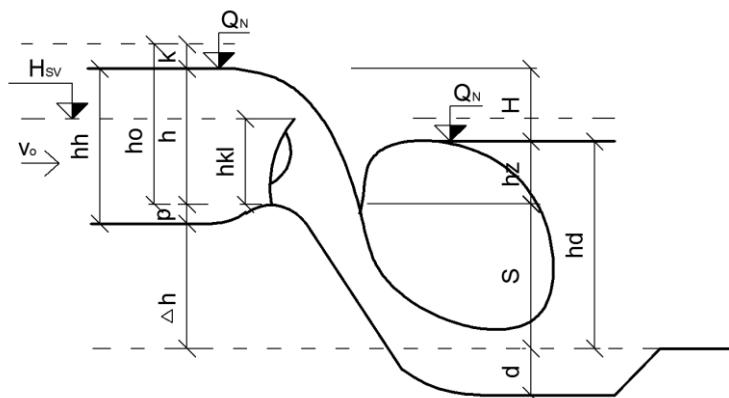
Navržená konstrukce pohyblivého jezu pozitivně ovlivní celkový rozsah záplavového území v délce vzdutí. Průtok Q_{20} je v důsledku manipulace s jezovými uzávěry převeden korytem toku. Dále pak dojde ke zmenšení záplavového území při Q_{100} oproti stávajícímu stavu. Lze předpokládat, že dojde k větší ochraně přilehlé zástavby (viz obr. 37). Pro přesnější stanovení rozlivu vody při určitých průtocích by bylo potřeba použít digitální model a podrobnější geodetické zaměření dané lokality.

5.7 Návrh podjezí

Pro návrh a posouzení podjezí byly využity návrhové hodnoty průtoků uvedené v kap. 2.3. Návrh byl proveden za využití vzorců uvedených níže.

5.7.1 Hloubka vývaru

Návrhem dostatečné hloubky se docílilo přilehlého (vzdutého) vodního skoku v podjezí. Postup návrhu hloubky vývaru byl sestaven do tabulky 10 a 11. Výpočtové schéma je patrné na obr. 38.



Obr. 38 Výpočtové schéma hloubky vývaru

Použité vzorce:

$$q = \frac{Q}{B_c} \quad (5.6.1)$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} * \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8 * \beta * q^2}{h_1^3 * g}} \right) \quad (5.6.2)$$

$$h_c = h_1 = \frac{q}{\varphi * \sqrt{2g * (E_0 - h_c)}} \quad (5.6.3)$$

$$E_0 = d + S + h_0 \quad (5.6.4)$$

$$h_0 = k + h \quad (5.6.5)$$

$$k = \frac{\alpha * v_0^2}{2g} \quad (5.6.6)$$

BEZ VÝVARU $d=0m$										
	Q m^3/s	q m^2/s	h m	vo m/s	k m	ho m	$hc=hc1$ m	$h2$ m	hd m	σ $<1,05;1,1>$
Q_a	5.3	0.23	0.2	0.060	0	0.2	0.036	0.545	0.4	0.73
Q_1	40	1.74	1.0	0.455	0.011	1.011	0.241	1.599	2.09	1.31
Q_5	83	3.61	1.5	0.945	0.048	1.548	0.474	2.367	2.82	1.19
Q_{10}	101	4.39	1.8	1.150	0.071	1.871	0.555	2.663	3.11	1.17
Q_{20}	123	5.35	2.0	1.400	0.105	2.105	0.662	2.967	3.37	1.14
Q_{50}	154	6.70	2.3	1.753	0.164	2.464	0.803	3.373	3.75	1.11
Q_{100}	180	7.83	2.6	2.049	0.225	2.825	0.906	3.712	4.04	1.09
hc -> ITERAČNĚ										
E_o m	$hc=0$	$hc=0$ <i>1krok-hc0</i>	$hc=hc0$ <i>2krok-hc1</i>	$hc=hc1$ <i>3krok-hc2</i>	$hc=hc2$ <i>4krok-hc3</i>					
2.08	0	0.036	0.036	0.036	0.036					
2.89	0	0.231	0.241	0.241	0.241					
3.43	0	0.440	0.471	0.474	0.474					
3.75	0	0.512	0.551	0.554	0.555					
3.98	0	0.605	0.657	0.662	0.662					
4.34	0	0.725	0.795	0.802	0.803					
4.70	0	0.815	0.896	0.905	0.906					

Tab. 10 Návrh hloubky vývaru - bez zahloubení

S VÝVAREM $d=0.3m$										
	Q m^3/s	q m^2/s	h m	vo m/s	k m	ho m	$hc=hc1$ m	$h2$ m	hd m	σ $<1,05;1,1>$
Q_a	5.3	0.23	0.2	0.06	0	0.2	0.034	0.565	0.4	1.24
Q_1	40	1.74	1.0	0.455	0.011	1.011	0.228	1.644	2.09	1.45
Q_5	83	3.61	1.5	0.945	0.048	1.548	0.450	2.429	2.82	1.28
Q_{10}	101	4.39	1.8	1.150	0.071	1.871	0.528	2.728	3.11	1.25
Q_{20}	123	5.35	2.0	1.400	0.105	2.105	0.632	3.038	3.37	1.21
Q_{50}	154	6.70	2.3	1.753	0.164	2.464	0.768	3.451	3.75	1.17
Q_{100}	180	7.83	2.6	2.049	0.225	2.825	0.869	3.791	4.04	1.14
hc -> ITERAČNĚ										
E_o m	$hc=0$	$hc=0$ <i>1krok-hc0</i>	$hc=hc0$ <i>2krok-hc1</i>	$hc=hc1$ <i>3krok-hc2</i>	$hc=hc2$ <i>4krok-hc3</i>					
2.38	0	0.980	0.044	0.034	0.034					
3.19	0	0.220	0.228	0.228	0.228					
3.73	0	0.422	0.448	0.450	0.45					
4.05	0	0.493	0.526	0.528	0.528					
4.28	0	0.583	0.628	0.631	0.632					
4.64	0	0.701	0.761	0.767	0.768					
5.00	0	0.790	0.861	0.868	0.869					

Tab. 11 Návrh hloubky vývaru - se zahloubením

Byla navržena hloubka vývaru $d = 0,3m$. Míra vzduť (zatopení) s ohledem na stanovené hodnoty součinitele zatopení σ uvedené tab. 11 se pohybuje v doporučeném intervalu bezpečnosti (hodnoty $\sigma \leq 1,3$) a navrhovaná konstrukce se jeví jako bezpečná. Tato hodnota je stanovena z literatury [23]. Vyšší hodnoty lze považovat vzhledem ke vzniklému přílehlému vodnímu skoku (míra přitlačení) za méně bezpečné.

5.7.2 Tloušťka vývarové desky

Návrh tloušťky vývaru byl proveden s použitím následujících empirických vztahů [16] :

a) Dombrovského

$$t_d = 0,15 v_1 h_1^{0,5} \text{ [m]} \quad (5.6.7)$$

$$v_1 = \frac{q}{h_1} \text{ [m/s]} \quad (5.6.8)$$

b) Tarajmoviče

$$t_d = 0,4 \left(\frac{q}{2}\right)^{0,5} H^{0,25} \text{ [m]} \quad (5.6.9)$$

$$H - \text{rozdl hladin při } Q_N \text{ [m]} \quad (5.6.10)$$

Výpočet byl proveden pro různé průtokové stavy, jak je patrné z tab. 12.

	Q (m ³ /s)	Dombrovski		Tarajmovič		Empirické návrhové tloušťky t _d (m)
		v ₁ (m/s)	t _d (m)	H (m)	t _d (m)	
Q _a	5.30	6.78	0.19	4.70	0.200	0.80
Q ₁	40.0	7.62	0.55	3.01	0.491	0.80
Q ₅	83.0	8.02	0.81	2.28	0.660	0.90
Q ₁₀	101.0	8.31	0.91	1.99	0.704	1.00
Q ₂₀	123.0	8.47	1.01	1.73	0.750	1.10
Q ₅₀	154.0	8.72	1.15	1.35	0.789	1.20
Q ₁₀₀	180.0	9.01	1.26	1.06	0.803	1.30

Tab. 12 Návrh tloušťky vývaru

Byla navržena tloušťka vývarové desky $t_d=1,0\text{m}$ s přihlédnutím na empirické hodnoty stanovené podle Dombrovského a Tarajmoviče.

5.7.3 Délka vývaru

Návrh délky vývaru vycházel z délky vodního skoku a jeho vzájemných hloubek h_1 a h_2 . Podle těchto hloubek se stanovil součinitel K (viz tab. 13). Výpočet byl proveden podle Novákova vztahu do tab. 14 [16].

h_2/h_1	3 - 4	4 - 6	6 - 20	> 20
k	5,5	5	4,5	4

Tab. 13 Hodnoty součinitele K [16]

Novák: $L_v = k * (h_2 - h_1) \text{ [m]} \quad (5.6.11)$

	Q (m ³ /s)	h ₂ /h ₁ (-)	k (-)	L _v (m)	Návrhové délky L _v (m)
Q _a	5,30	16,62	4,5	2,39	3,00
Q ₁	40,0	7,21	4,5	6,37	7,00
Q ₅	83,0	5,40	5,0	9,90	10,00
Q ₁₀	101,0	5,16	5,0	11,00	11,00
Q ₂₀	123,0	4,81	5,0	12,03	13,00
Q ₅₀	154,0	4,49	5,0	13,41	14,00
Q ₁₀₀	180,0	4,36	5,0	14,61	15,00

Tab. 14 Návrh délky vývaru

Byla navržena délka vývaru $L_v = 15\text{m}$ podle Nováka.

5.7.4 Délka opevnění za vývarem

Návrh délky opevnění za vývarovým prahem byl proveden podle dvou okrajových podmínek ($L_{01}=10h_d$, $L_{02}=13h_d$) do tab. 15 podle Čertousova [16] :

$$L_0 = (10 \text{ až } 13) * h_d \text{ [m]} \quad (5.6.12)$$

	Q (m ³ /s)	L ₀₁ =10h _d (m)	L ₀₂ =13h _d (m)	Návrhové délky L ₀ (m)
Q _a	5,30	4,0	5,2	4,60
Q ₁	40,0	20,9	27,2	24,00
Q ₅	83,0	28,2	36,7	32,00
Q ₁₀	101,0	31,1	40,4	35,00
Q ₂₀	123,0	33,7	43,8	38,00
Q ₅₀	154,0	37,5	48,8	43,00
Q ₁₀₀	180,0	40,4	52,5	45,00

Tab. 15 Návrh délky opevnění za vývarem

Byla navržena délka opevnění za vývarovým prahem $L_0 = 45\text{m}$ podle Čertousova.

5.7.5 Tloušťka opevnění za vývarem

Návrh byl proveden do tab. 16 výpočtem výmolu v podjezí těsně pod přelivem podle Jaegera A_0 a za vývarovým prahem podle Nováka A [16] :

a) Jaeger

b) Novák

$$A_0 = 6H^{0,25}q^{0,5} \left(\frac{h_d}{d_{90}} \right)^{1/3} - h_d \text{ [m]} \quad (5.6.13) \quad A = k * A_0 \text{ [m]} \quad (5.6.14)$$

Tyto použité vztahy jsou empiricky odvozené. Velikost 90% zrna byla stanovena odhadem s přihlédnutím na charakter toku Svitavy jako $d_{90} = 72\text{mm}$. Součinitel $k = 0,5$ a byl volen z intervalu doporučených hodnot $k = <0,45;0,65>$ [16].

	Q (m ³ /s)	H (m)	A ₀ (m)	A (m)
Q _a	5.30	4.70	0.75	0.38
Q ₁	40.0	3.01	3.21	1.60
Q ₅	83.0	2.28	4.76	2.38
Q ₁₀	101.0	1.99	5.25	2.62
Q ₂₀	123.0	1.73	5.74	2.87
Q ₅₀	154.0	1.35	6.26	3.13
Q ₁₀₀	180.0	1.06	6.53	3.26

Tab. 16 Výpočet hloubek výmolu v podjezí

Velikost záhozového kamene pro opevnění za jezem:

Návrh velikosti záhozového kamene d_z byl proveden do tab.17 podle vztahu Pavlovského (5.6.15), který platí v rozmezí $L_v / h_2 = 10 \text{ až } 15$ [16].

$$\frac{v_2}{(gd_z)^{0,5}} = 0,1 \left[\left(\frac{L_v}{h_2} + 11,5 \right)^2 - 25 \left(\frac{E_0}{h_k} - 3 \right)^2 \right]^{0,5} - 0,22 \quad (5.6.15)$$

$$h_k = 0,467 * q^{2/3}$$

	$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	$h_k \text{ (m)}$	$L_v / h_2 \text{ (-)}$	$d_z \text{ (m)}$
Q_a	5.30	0.18	79.71	0.000
Q_1	40.0	0.68	27.37	0.000
Q_5	83.0	1.10	18.53	0.001
Q_{10}	101.0	1.25	16.49	0.002
Q_{20}	123.0	1.43	14.81	0.004
Q_{50}	154.0	1.66	13.04	0.006
Q_{100}	180.0	1.84	11.87	0.010

Tab. 17 Návrh velikosti záhozového kamene

Zohledněním stanovených hloubek výmolu (A_0 , A) za vývarem, které byly určeny pomocí empirických vzorců je patrné, že tyto vzorce nejsou příliš vhodné. Byla navržena tloušťka opevnění za vývarem 1,0m, kdy se rozdělí do dvou vrstev v závislosti na navržené délce opevnění za vývarem $L_0 = 45\text{m}$. Opevnění dna bude rozděleno směrem po vodě do dvou mocností od prahu vývaru. Mocnost první vrstvy 1,0m a délka 15m a druhé vrstvy 0,5m a délka 30m.

Návrh velikosti záhozového kamene byl proveden podle vztahu Pavlovského, který je platný v rozmezí $L_v / h_2 = 10$ až 15 z tab. 17 je patrné, že tento poměr není v daném rozmezí a tento vztah se nemohl dále použít. Byla navržena velikost záhozového kamene $d_e = 35\text{-}40 \text{ cm}$.

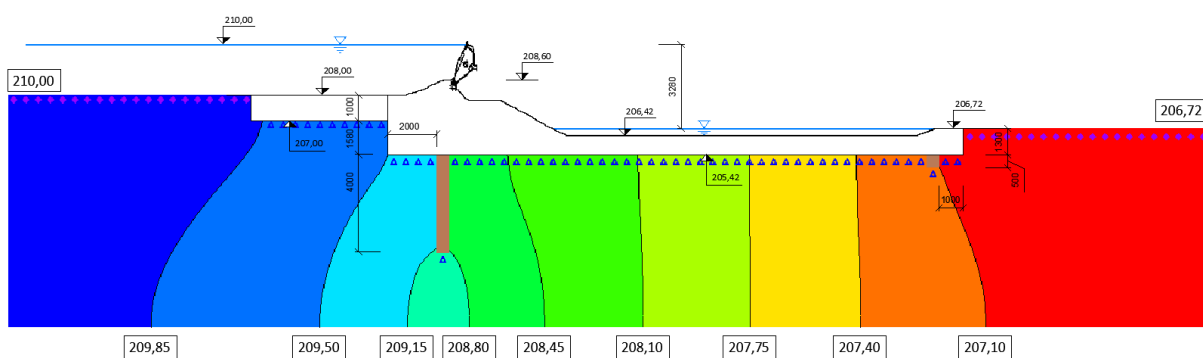
6 POSOUZENÍ STABILITY JEZOVÉ KONSTRUKCE

Pro posouzení navrhované konstrukce nebyly v bezprostředním okolí řešeného jezu zjištěny žádné vrty pro stanovení přesných geologických a hydrogeologických poměrů. Byly zvoleny dva vrty (V-1, V-7), které se vyskytují v zájmovém území (zhruba 300m od jezu Cacovice). Z hlediska bakalářské práce především jako studie se s těmito vrty uvažuje. Tyto zvolené vrty slouží pouze k orientačnímu určení poměrů. Pro přesnější určení geologického profilu by bylo potřeba provést geologický průzkum v bezprostředním okolí řešeného jezu.

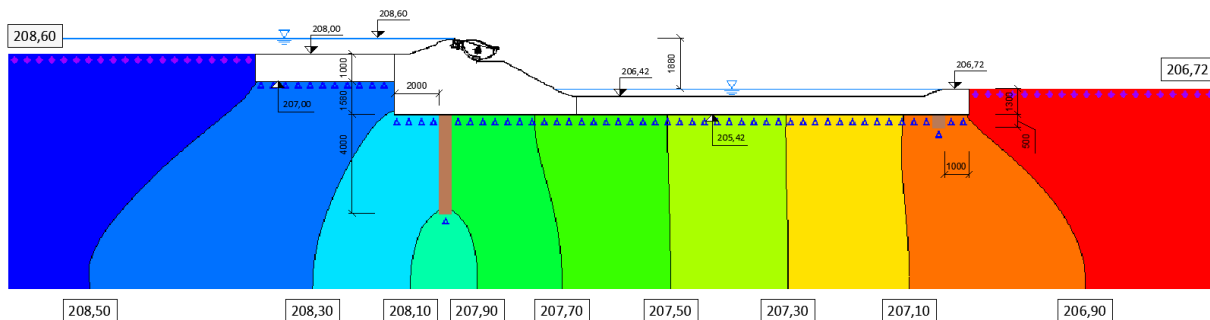
6.1 Výpočet působících sil

Posouzení stability navržené jezové konstrukce bylo provedeno pro dva stavy. První zatěžovací stav představoval plnou jezovou zdrž, druhý pak prázdnou jezovou zdrž. Návrhové stavy a výsledné zatěžovací obrazce jsou patrné z přílohy P.11 a P.12. Těžiště působících sil jednotlivých zatěžovacích obrazců byly určeny z programu AutoCAD pro příslušné plochy.

V programu GMS (Groundwater Modeling System) byly provedeny dva modely pro určení izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí navrhovaného jezu, které jsou znázorněny na obr. 39, 40.



Obr. 39 Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí při plné jezové zdrži



Obr. 40 Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí při prázdné jezové zdrži

První model byl proveden pro plnou jezovou zdrž a je patrný z obr. 39 a přílohy P.9. Druhý model byl proveden pro prázdnou jezovou zdrž a je patrný z obr. 40 a přílohy P.10. Prvním vstupním parametrem pro oba dva modely bylo zvolení hydraulické vodivosti pro příslušnou zeminu nacházející se v podjezí. Pro určení se vycházelo ze zvolených vrtů (V-1, V-7), které určují geologický profil. Tyto zvolené vrty slouží pouze k orientačnímu určení poměrů. Pro přesnější určení geologického profilu by bylo potřeba provést geologický průzkum v bezprostředním okolí řešeného jezu. Lze předpokládat, že se od hloubky cca 2,0m vyskytují

kvartérní propustné zeminy a od hloubky cca 4,1m se vyskytují štěrkopísky. Pro tyto zeminy byla zvolena hydraulická vodivost $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ z literatury [16].

6.1.1 Úrovně hladin

Uvažované scénáře byly charakterizovány pro úrovně hladin, které jsou uvedené v tab. 18.

UROVNĚ HLADIN	PLNÁ ZDRŽ	PRÁZDNÁ ZDRŽ
V NADJEZÍ	210.00 m n.m.	208.60 m n.m.
V PODJEZÍ	206.72 m n.m.	206.72 m n.m.
SPÁD HLADIN	3.28 m	1.88 m

Tab. 18 Úrovně hladin

6.1.2 Zatížení plná jezová zadrž

Při posouzení byly uvažovány následující složky působících sil:

- A. Vlastní tíha konstrukce
- B. Vlastní tíha klapkového uzávěru
- C. Zatížení vodou
- D. Zatížení zeminou
- E. Vztlakové síly

A. Vlastní tíha konstrukce

Byly vypočteny složky působících sil od vlastní tíhy konstrukce podle následujícího vzorce [16]:

$$G_i = A_i \cdot \gamma_B \text{ [kN} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (6.1.1)$$

$$\gamma_B = 24 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{Objemová tíha betonu}$$

$$A_i \text{ [m}^2] \quad \text{Plocha konstrukce}$$

Síla

$$G_1 = A_1 \cdot \gamma_B = 5,7 \cdot 24 = 136,80 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_2 = A_2 \cdot \gamma_B = 16,62 \cdot 24 = 398,88 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_3 = A_3 \cdot \gamma_B = 16,44 \cdot 24 = 394,56 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Rameno k bodu "4"

$$l_{G1} = 2,850 \text{ m}$$

$$l_{G2} = 3,171 \text{ m}$$

$$l_{G3} = 15,572 \text{ m}$$

B. Vlastní tíha klapkového uzávěru

Byly vypočteny složky působících sil od vlastní tíhy uzávěru podle následujícího vzorce [16]:

$$G_u = A_u \cdot \gamma_u \text{ [kN} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (6.1.2)$$

$$\gamma_u = 8 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{Objemová tíha klapkového uzávěru}$$

$$h_u = 1,4 \text{ m} \quad \text{Výška klapkového uzávěru}$$

Síla

$$G_u = A_u \cdot \gamma_u = 0,82 \cdot 8 = 6,56 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Rameno k bodu "4"

$$l_{Gu} = 3,003 \text{ m}$$

C. Zatížení vodou

Byly vypočteny složky horizontálních a vertikálních působících sil od zatížení vodou podle následujícího vzorce [16] :

$$V_i = \rho * g * A_i \text{ [kN} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (6.1.3)$$

$$\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{Objemová hmotnost vody}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{Gravitační zrychlení}$$

Síla

Rameno k bodu "4"

$$V_{1V} = \rho * g * A_{V1V} = 1000 * 9,81 * 16,10 = \mathbf{157,94 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}} \quad l_{V1V} = \mathbf{1,645 \text{ m}}$$

$$V_{2V} = \rho * g * A_{V2V} = 1000 * 9,81 * 4,52 = \mathbf{44,34 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}} \quad l_{V2V} = \mathbf{14,395 \text{ m}}$$

$$V_{3H} = \rho * g * A_{V3H} = 1000 * 9,81 * 10,48 = \mathbf{102,81 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}} \quad l_{V3H} = \mathbf{1,527 \text{ m}}$$

$$V_{4H} = \rho * g * A_{V3H} = 1000 * 9,81 * 0,84 = \mathbf{8,24 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}} \quad l_{V4H} = \mathbf{0,433 \text{ m}}$$

D. Zatížení zeminou

Byly vypočteny složky působících sil od zatížení zeminou podle následujícího vzorce [16] :

$$G_{zi} = A_{gzi} * \gamma_Z \text{ [kN} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (6.1.4)$$

$$Z_{ai} = 0,5 * \gamma_Z * h_{zi}^2 * tg^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \text{ [kN} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (6.1.5)$$

$$\gamma_Z = 14,6 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{Objemová tíha zeminy pod vodou}$$

$$\varphi = 32^\circ \quad \text{Úhel vnitřního tření zeminy}$$

$$h_Z \text{ [m]} \quad \text{Hloubka založení pod úrovní dna}$$

Síla

Rameno k bodu "4"

$$Z_{a1} = 0,5 * 14,6 * 1^2 * tg^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{32}{2} \right) = \mathbf{2,11 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}} \quad l_{za1} = \mathbf{1,913 \text{ m}}$$

$$Z_{a2} = 0,5 * 14,6 * 2,58^2 * tg^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{32}{2} \right) = \mathbf{14,05 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}} \quad l_{za2} = \mathbf{0,860 \text{ m}}$$

$$Z_{a3} = 0,5 * 14,6 * 1,3^2 * tg^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{32}{2} \right) = \mathbf{3,57 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}} \quad l_{za3} = \mathbf{0,433 \text{ m}}$$

$$G_{z1} = A_{gz1} * \gamma_Z = 9,01 * 14,6 = \mathbf{131,55 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}} \quad l_{gz1} = \mathbf{2,850 \text{ m}}$$

E. Vztlkové síly

Zatěžovací obrazce vztlkových sil působících na jezové těleso byly stanoveny v programu GMS. Výpočet vztlkových sil byl proveden podle následujícího vzorce [16] :

$$W_i = \rho * g * A_{wi} \text{ [kN} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (6.1.6)$$

$$\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{Objemová hmotnost vody}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{Gravitační zrychlení}$$

$$A_{wi} \text{ [m}^2] \quad \text{Plocha vztlkového obrazce}$$

Síla

Rameno k bodu "4"

$$W_1 = \rho * g * A_{W1} = 1000 * 9,81 * 37,804 = \mathbf{370,86 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}} \quad l_{W1} = \mathbf{8,840 \text{ m}}$$

$$W_2 = \rho * g * A_{W2} = 1000 * 9,81 * 47,681 = \mathbf{467,75 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}} \quad l_{W2} = \mathbf{4,510 \text{ m}}$$

F. Výslednice působících sil

Složky vertikálních a horizontálních sil pro plnou jezovou zadrž jsou uvedené v tab. 19.

VERTIKÁLNÍ SLOŽKA				HORIZONTÁLNÍ SLOŽKA			
TYP ZATÍŽENÍ	SÍLA kN/m	RAMENO m	MOMENT kNm	TYP ZATÍŽENÍ	SÍLA kN/m	RAMENO m	MOMENT kNm
VODA	157.94	1.645	259.74	VODA	102.81	1.527	156.95
	44.34	14.395	638.29		8.24	0.433	3.57
UZÁVĚR	6.56	3.003	19.70	ZEMINA	2.11	1.913	4.04
KONSTRUKCE	136.80	2.850	389.88		14.05	0.860	12.08
	398.88	3.171	1265.04		3.57	0.433	1.55
	394.56	15.572	6144.06				
VZTLAKOVÉ SÍLY	370.86	8.840	3278.38				
	467.75	4.510	2109.56				
ZEMINA	131.55	2.850	374.91				

Tab. 19 Složky působících sil pro plnou jezovou zadrž

6.1.3 Zatížení prázdná jezová zadrž

Při posouzení byly uvažovány následující složky působících sil:

- A. Vlastní tíha konstrukce
- B. Vlastní tíha klapkového uzávěru
- C. Zatížení vodou
- D. Zatížení zeminou
- E. Vztlakové síly

Pro určení hodnot byly použity stejné vztahy jako v kapitole 6.1.2.

A. Vlastní tíha konstrukce

Hodnoty zůstávají stejné jako v kapitole 6.1.2.

B. Vlastní tíha klapkového uzávěru

Hodnoty zůstávají stejné jako v kapitole 6.1.2. Změní se zde rameno k bodu "4" na hodnotu $l_{Gu} = 3,361$ m, protože je uzávěr sklopený.

C. Zatížení vodou

Byly vypočteny složky horizontálních a vertikálních působících sil od zatížení vodou.

Síla

$$V_{1V} = \rho * g * A_{V1V} = 1000 * 9,81 * 4,24 = 41,62 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$V_{2V} = \rho * g * A_{V2V} = 1000 * 9,81 * 4,52 = 44,34 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$V_{3H} = \rho * g * A_{V3H} = 1000 * 9,81 * 5,06 = 49,60 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$V_{4H} = \rho * g * A_{V3H} = 1000 * 9,81 * 0,84 = 8,24 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Rameno k bodu "4"

$$l_{V1V} = 2,147 \text{ m}$$

$$l_{V2V} = 14,395 \text{ m}$$

$$l_{V3H} = 0,860 \text{ m}$$

$$l_{V4H} = 0,433 \text{ m}$$

D. Zatížení zeminou

Hodnoty zůstávají stejné jako v kapitole 6.1.2.

E. Vztlakové síly

Zatěžovací obrazce vztlakových sil působících na jezové těleso byly stanoveny v programu GMS.

Síla

$$W_1 = \rho * g * A_{W1} = 1000 * 9,81 * 37,804 = 370,86 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$W_2 = \rho * g * A_{W2} = 1000 * 9,81 * 27,128 = 266,13 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Rameno k bodu "4"

$$l_{W1} = 8,840 \text{ m}$$

$$l_{W2} = 4,462 \text{ m}$$

F. Výslednice působících sil

Složky vertikálních a horizontálních sil pro prázdnou jezovou zadrž jsou uvedené v tab. 20.

VERTIKÁLNÍ SLOŽKA				HORIZONTÁLNÍ SLOŽKA			
TYP ZATÍŽENÍ	SÍLA kN/m	RAMENO m	MOMENT kNm	TYP ZATÍŽENÍ	SÍLA kN/m	RAMENO m	MOMENT kNm
VODA	41.62	2.147	89.37	VODA	49.60	0.860	42.66
	44.34	14.395	638.29		8.24	0.433	3.57
UZÁVĚR	6.56	3.361	22.05	ZEMINA	2.11	1.913	4.04
KONSTRUKCE	136.80	2.850	389.88		14.05	0.860	12.08
	398.88	3.171	1265.04		3.57	0.433	1.55
	394.56	15.572	6144.06				
VZTLAKOVÉ SÍLY	370.86	8.840	3278.38				
	266.13	4.462	1187.45				
ZEMINA	131.55	2.850	374.91				

Tab. 20 Složky působících sil pro prázdnou jezovou zadrž

6.2 Posouzení stability

Posouzení stability bylo provedeno s ohledem na různé způsoby ztráty stability konstrukce. Jednalo se o následující způsoby:

6.2.1 Bezpečnost proti posunutí po základové spáře

6.2.2 Bezpečnost proti překlopení kolem vzdušné hrany

6.2.3 Bezpečnost proti prolomení vývarové desky

Posouzení bylo provedeno vždy pro plnou a prázdnou jezovou zadrž.

Dále byly zvoleny dvě štětové stěny, které byly uvažovány pro určení piezometrických výšek v programu GMS. Při posouzení bezpečnosti jezového tělesa není zvažován vliv štětových stěn. První štětová stěna 4,0 m dlouhá pod úroveň základové spáry umístěná pod pevnou spodní stavbou jezu a druhá 0,5 m dlouhá pod úroveň základové spáry umístěná pod závěrečným prahem vývaru.

6.2.1 Bezpečnost proti posunutí po základové spáře

I. Bez spolupůsobení vývarové desky

Byl stanoven stupeň bezpečnosti pro plnou a prázdnou jezovou zdrž podle následujícího vzorce [16] :

$$SB_p = (H_2 + (Gt + Gu + V - W) * f) / (H_1 + Z_1) \quad (6.2.1)$$

$f [-]$ Součinitel spolupůsobení přitížení (bezpečnost)

a. Plná jezová zdrž

Vstupní hodnoty:

$H_1 = V_{3H} = 102,81 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$Gt = G_1 + G_2 = 535,68 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
$Z_1 = Z_{a1} + Z_{a2} = 16,16 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$Gu = 6,56 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
$H_2 = V_{4H} = 8,24 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$W = W_2 = 467,75 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
$V = V_{1V} = 157,94 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$f = 0,6$

$$SB_p = 1,241 \leq <1,3;1,5> \quad \text{Nevyhovuje}$$

b. Prázdná jezová zdrž

Vstupní hodnoty:

$H_1 = V_{3H} = 49,60 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$Gt = G_1 + G_2 = 535,68 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
$Z_1 = Z_{a1} + Z_{a2} = 16,16 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$Gu = 6,56 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
$H_2 = V_{4H} = 8,24 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$W = W_2 = 266,13 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
$f = 0,6$	

$$SB_p = 2,645 \leq <1,3;1,5> \quad \text{Vyhovuje}$$

II. Se spolupůsobením vývarové desky

Byl stanoven stupeň bezpečnosti pro plnou a prázdnou jezovou zdrž podle následujícího vzorce [16] :

$$SB_{pd} = SB_p + \left(((Gd + V - W) * f) / (H_1 + Z_1) \right) \quad (6.2.2)$$

$f [-]$ Součinitel spolupůsobení přitížení

a. Plná jezová zdrž

Vstupní hodnoty:

$V = V_{2V} = 44,34 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$H_1 = 102,81 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
$Gd = G_3 = 394,56 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$W = W_1 = 370,86 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
$Z_1 = 16,16 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$f = 0,6$
$SB_p = 1,241$	

$$SB_{pd} = 1,585 \leq <1,3;1,5> \quad \text{Vyhovuje}$$

b. Prázdná jezová zdrž

Vstupní hodnoty:

$$V=V_{2V}=44,34 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$H_1=49,60 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_d=G_3=394,56 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$W=W_1=370,86 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$Z_1=16,16 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$f=0,6$$

$$SB_p=2,645$$

$$SB_{pd}=3,265 \leq <1,3;1,5>$$

Vyhovuje

Posuzované přepadové těleso bez spolupůsobení vývarové desky je bezpečné proti posunutí pouze při prázdné jezové zdrži. Při uvažování spolupůsobení vývarové desky je bezpečnost proti posunutí dostatečná při plné i prázdné jezové zdrži.

Při výpočtu bezpečnosti se neuvažuje s účinkem štětové stěny, která je vetknuta do pevného podloží a bylo by možno ji považovat za zcela bezpečnou proti posunutí. Bezpečnosti proti posunutí přepadového tělesa bez spolupůsobení vývarové desky při plné jezové zdrži by byla tedy dostatečná.

6.2.2 Bezpečnost proti překlopení kolem vzdušné hrany

Byl stanoven stupeň bezpečnosti proti překlopení kolem vzdušné hrany pro přelivné těleso při plné a prázdné jezové zdrži podle následujícího vzorce [16] :

$$SB_s = \Sigma M^- / \Sigma M^+ \quad (6.2.3)$$

a. Plná jezová zdržM⁻ vztažené k bodu 5

$$V_{1V}=1425,42 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$H_2=V_{4H}=3,57 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_u=28,71 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_1=1399,46 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_2=1678,89 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\Sigma M^-=4536,05 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

M⁺ vztažené k bodu 5

$$Z_{a1}=4,04 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$Z_{a2}=12,08 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$H_1=V_{3H}=156,99 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$W_2=1342,44 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\Sigma M^+=1515,55 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$SB_s = 2,99 \geq 1,5$$

Vyhovuje**b. Prázdná jezová zdrž**M⁻ vztažené k bodu 5

$$V_{1V}=396,55 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$H_2=V_{4H}=3,57 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_u=26,36 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_1=1399,46 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_2=1678,89 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\Sigma M^-=3504,83 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

M⁺ vztažené k bodu 5

$$Z_{a1}=4,04 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$Z_{a2}=12,08 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$H_1=V_{3H}=42,66 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$W_2=776,55 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\Sigma M^+=835,33 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$SB_s = 4,20 \geq 1,5$$

Vyhovuje

Přelivné těleso je bezpečné proti překlopení kolem vzdušné hrany při plné i prázdné jezové zdrži.

6.2.3 Bezpečnost proti prolomení vývarové desky

Byl stanoven stupeň bezpečnosti proti prolomení vztakovou silou z přetlaku při plné i prázdné jezové zdrži podle následujícího vztahu [16] :

$$t_d \geq 0,846 * X \text{ [m]} \quad (6.2.4)$$

X [m] Pořadnice vztaku z přetlaku

$t_d=1\text{m}$ Tloušťka vývarové desky

a. Plná jezová zdrž

$X=1,394\text{m}$

$$t_d = 1,0\text{m} \geq 1,179\text{m}$$

Nevyhovuje

b. Prázdná jezová zdrž

$X=0,779\text{m}$

$$t_d = 1,0\text{m} \geq 0,659\text{m}$$

Vyhovuje

Navržená tloušťka vývarové desky je bezpečná proti prolomení vztakovou silou z přetlaku pouze při prázdné jezové zdrži. Při plné jezové zdrži není bezpečná proti prolomení a bylo by nutné navrhnout opatření pro snížení vztaku z přetlaku. Opatřením by mohlo být zvětšení délky obtékaného obrysu vhodným návrhem předloženého těsnícího koberce nebo přidáním štětové stěny o vhodné délce pod přelivné těleso.

6.2.4 Délka obtékaného obrysu

Byl stanoven stupeň bezpečnosti proti sufozi podle Bligha [16] :

$$L_n = C_B * H \leq L_s \text{ [m]} \quad (6.2.5)$$

H [m] Spád hladin

L_n [m] Nutná délka obtékaného obrysu

L_s [m] Skutečná délka obtékaného obrysu

C_B Empiricky stanovený součinitel pro různé zeminy

Hodnota součinitele $C_B=6$ byla stanovena z literatury [16] pro příslušnou zeminu nacházející se v podjezí.

a. Plná jezová zdrž

$H=3,28\text{m}$

$$L_n = 19,68\text{m} \leq L_s = 32,96\text{m}$$

Vyhovuje

b. Prázdná jezová zdrž

$H=1,88\text{m}$

$$L_n = 11,28\text{m} \leq L_s = 32,96\text{m}$$

Vyhovuje

Při plné i prázdné jezové zdrži je délka obtékaného obrysu dostatečná.

6.3 *Zhodnocení posouzení stability*

Navržená konstrukce má dostatečnou bezpečnost proti:

- posunutí po základové spáře bez spolupůsobení vývarové desky při prázdné jezové zdrži
- posunutí po základové spáře se spolupůsobením vývarové desky při prázdné i plné jezové zdrži
- překlacení kolem vzdušné hrany při prázdné i plné jezové zdrži
- prolomení vývarové desky vztlakovou silou z přetlaku při prázdné jezové zdrži
- sufozi (délka obtékaného obrysu) při prázdné i plné jezové zdrži

Nedostatečná bezpečnost je proti:

- posunutí po základové spáře bez spolupůsobení vývarové desky při plné jezové zdrži
- prolomení vývarové desky vztlakovou silou z přetlaku při plné jezové zdrži

Při výpočtu bezpečnosti se neuvažuje s účinkem štětové stěny. Vliv štětových stěn nebyl ověřen výpočtem, ale lze očekávat jejich významný příspěvek z pohledu odolnosti stavby vůči posunutí. Bezpečnost proti posunutí přepadového tělesa bez spolupůsobení vývarové desky při plné jezové zdrži by byla tedy dostatečná.

Pro zajištění dostatečné bezpečnosti proti prolomení při plné jezové zdrži by bylo nutné navrhnout opatření pro snížení vztlaku z přetlaku. Opatřením by mohlo být zvětšení délky obtékaného obrysu vhodným návrhem předloženého těsnícího koberce nebo přidáním štětové stěny o vhodné délce pod přelivné těleso. Případně zvýšení konstrukční odolnosti vývarové desky.

7 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Tato kapitola byla věnována popisu technického řešení navrhované pohyblivé jezové konstrukce.

7.1 Odběr a určení hladiny stálého vzduť

Pro určení hladiny stálého vzduť se vycházelo z požadavků na odběr, které byly popsány v kap. 2.9. Požadovaný odběr je $Q_{MVE} = 4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Stávající hladina stálého vzduť, dána stávajícím pevným jezem, je na kótě 209,47 m n.m. Byla nově zvolena návrhová hodnota úrovně H_{SV} na kótě 210,00 m n.m. Touto volbou dojde ke zvýšení hladiny stálého vzduť o 0,53 m, a proto byla potřeba zhodnotit tuto zvolenou úroveň vzhledem k následujícím faktorům v nadjezí:

Kapacita koryta - Výšková kóta terénu pravého břehu toku se pohybuje od 210,61 m n.m. u odbočení náhonu až po 211,25 m n.m. u dřevěného mostu pro pěší. Výšková kóta terénu levého břehu se pohybuje od 211,15 m n.m. u stávajícího pevného jezu až po 212,19 m n.m. u dřevěného mostu pro pěší. Nejnižší kóta na levém břehu je 210,58 m n.m. Podrobnější rozložení výškových úrovní je patrné z přílohy P.2 a P.3. Vzhledem k těmto výškovým údajům lze konstatovat, že kapacita koryta je pro toto navýšení H_{SV} na úroveň 210,00 m n.m. dostačující a je zde rezerva přibližně 0,58 m na levém břehu a 0,61 m na pravém břehu toku.

Kapacita náhonu - Výšková kóta terénu pravého břehu tělesa náhonu je 210,61 m n.m. u odbočení náhonu, 210,88 m n.m. u lávky pro pěší přes náhon a 210,60 m n.m. u tabulového uzávěru. Výšková kóta terénu levého břehu tělesa náhonu je 210,98 m n.m. u odbočení náhonu, 211,08 m n.m. u lávky pro pěší přes náhon a 210,60 m n.m. u tabulového uzávěru. Podrobnější rozložení výškových úrovní je patrné z přílohy P.2 a P.3. Vzhledem k těmto výškovým údajům lze konstatovat, že kapacita tělesa náhonu (úsek od pevného jezu po tabulový uzávěr) je pro toto navýšení H_{SV} na úroveň 210,00 m n.m. dostačující a je zde rezerva přibližně 0,60m na levém břehu i na pravém břehu náhonu.

Úroveň hladiny podzemní vody - V případě navýšení H_{SV} do úrovně 210,00 m n.m. lze očekávat, že dojde k možné změně úrovně hladiny podzemní vody a to především u zahrádek vyskytujících se na pravém břehu v nadjezí, kdy lze očekávat zvýšení v řádu decimetrů.

Možnost ovlivnění objektů - Objekty vyskytující se na pravém i levém břehu v nadjezí s možností ovlivnění hladinou stálého vzduť jsou následující:

- **PB výust' km 10,164** - Jedná se o betonovou výust' obdélníkového průřezu. Dno výusti je na kótě 209,66 m n.m. a výška horní hrany je 210,66 m n.m. Při navýšení H_{SV} do úrovně 210,00 m n.m. by došlo k zatopení této výusti o 0,34 m. Řešením by bylo osazení koncové klapky, která zamezí zatopení výusti.
- **PB výust' DN 300 km 10,377** - Dno výusti je v kótě 210,48 m n.m. a nedojde tedy k ovlivnění tohoto objektu při navýšení H_{SV} do úrovně 210,00 m n.m.
- **LB odběr DN 1700 km 10,378** - Výšková kóta dna toku v místě odběru je 207,63 m n.m. a kóta dna odběru je 208,59 m n.m. Současná úroveň hladiny je na kótě 209,47 m n.m. nově navrhovaná úroveň hladiny je na kótě 210,00 m n.m. a dojde tedy ke zvýšení zatopení o 0,53 m. Protože se jedná o odběrný objekt, je toto navýšení hladiny přípustné a nebude mít vliv na jeho funkci.

Upřesnění polohy a umístění těchto objektů je patrné z přílohy P.4 a P.1.

Hladina stálého H_{SV} vzduť byla zvolena na úrovni 210,00 m n.m čímž dojde ke zvýšení hydroenergetického potenciálu (nalepšení výkonu na MVE).

7.2 Odběrný objekt

Odběrný objekt se nachází na pravém břehu v nadjezí. Jedná se o stávající náhon (derivaci) na MVE. Tyto objekty byly popsány v kap. 4.3. Náhon je lichoběžníkového profilu s šířkou ve dně od 7 m do 10 m a sklony svahů 1:1. Tvar vtokové části náhonu je patrný z přílohy P.8. Na vtoku je osazena plovoucí norná stěna. Náhon je hrazený dvěma tabulovými uzávěry šířky 2,75 m a výšky 2,15 m, které jsou ovládány elektromotorem a cévovou tyčí. V místě tabulového uzávěru jsou vybudovány nábrežní zdi délky 12 m, šířky 1 m a výšková kóta horní hrany zdi je 210,60 m n.m. Na nábrežních zdích u tabulového uzávěru je osazena manipulační lávka šířky 0,6 m, délky 7,80 m a výšková kóta horní hrany mostovky je 210,60 m n.m. Upřesnění polohy tabulového uzávěru je patrné z přílohy P.2.

7.3 Jezové těleso

Navržená jezová konstrukce se skládá z pevné spodní stavby (Jamborův práh), pohyblivé hradící konstrukce (klapkový uzávěr) a pilířů. Dále se v této kapitole věnuji podrobnějšímu popisu pevné spodní stavby. Klapkový uzávěr a ostatní části budou popsány v následujících kapitolách.

Pro návrh spodní stavby byl zvolen Jamborův práh a to z důvodu dobrých hydraulických vlastností. Práh dále netvoří překážku při průchodu splavenin a umožňuje jednoduché provedení spodní stavby.

Byl navržen Jamborův práh výšky 0,6 m a sklon líce prahu je 1:2. Celá přepadová plocha bude proti obrusu opevněna kamenem. Nadmořská výška přelivné hrany je 208,60 m n.m., horního dna je 208,00 m n.m. a kóta dolního dna je 206,72 m n.m.. Základová spára je na úrovni 205,42 m n.m.. Rozdíl výšek ve dně je 1,28 m. Pro návrhový průtok $Q_{100}=180\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ vyšla potřebná šířka přelivu 16,17 m (viz kap. 5.3.2). Z předpokladu šířky jednoho klapkového pole do 14 m byly navrženy dvě jezová pole šířky 10 m, která jsou rozdělena betonovým dělicím pilířem šířky 3 m. Celková šířka jezové konstrukce je 23 m. Celková délka přelivné hrany je 20 m. Byl proveden výpočet kapacity přelivu pro Q_N (viz kap. 5.4). Při uvažování úrovně hladiny v nadjezí při Q_N vycházela přepadová výška 3,22 m. Při této přepadové výšce byl proveden výpočet kapacitního průtoku přes navržené přeliv, který vyšel $Q_k=256,81\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ a je o dost větší než $Q_N=180\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Z tohoto výpočtu je tedy patrné, že je přeliv dostatečně kapacitní i pro převedení Q_{100} . Dilatační spáry jsou umístěny před Jamborovým prahem a na začátku vývaru. Mají šířku 40 mm a jsou těsněny pryžovým těsněním o šířce 400 mm. Zahloubení vývaru je 0,3 m s tloušťkou desky 1,0 m.

7.4 Pohyblivá hradící konstrukce

Jako pohyblivý uzávěr byla zvolena klapka z důvodů vyplývajících z kap. 3. Byla navržena klapka výšky 1,4 m. Klapka je osazena rozražeči proudu. Obrys pohybu klapky na dělicím pilíři a i nábrežní zdi je opancérován. Jez byl navržen jako dvoupolový o šířce jednoho pole 10 m. Z obou stran je navrženo zavzdušnění prostoru pod klapkou potrubím DN 200. Ovládání klapky je jednostranné elektromotorem a cévovou tyčí. Zvedací mechanismus je umístěn pro levé jezové pole na levém nábrežním pilíři a pro pravé pole na dělicím pilíři mezi jezovým polem a rybím přechodem. V těchto pilířích je provedeno zahloubení 0,25 m, které je umístěno v místě klapky a má půdorysnou délku 2,8 m. Toto zahloubení je umístěno u

zvedacího mechanismu, přesněji cévové tyče, kdy slouží k ochraně cévové tyče před plovoucími nečistotami a snižuje rozkmitání při proudění vody. Byly navrženy dvě cévové tyče délky 4,8 m. Upřesnění rozměrů a umístění jednotlivých navržených konstrukcí je patrné z výkresových příloh P.5 a P.6.

7.4.1 Manipulace s uzávěry

Pro manipulaci s uzávěry na pohyblivém jezu byly vypracovány měrné křivky při manipulaci s uzávěry vypracované v kapitole 5.5. Výstupem je graf (viz obr. 36), kde jsou znázorněny křivky při jednotlivých manipulacích. Byly uvažovány dva manipulační stavy. První stav byl synchronní pohyb uzávěrů (současný pohyb uzávěrů v obou polích) a druhý stav byl uvažován s jednou klapkou zahrazenou (pohyb uzávěrů v jednom poli).

Manipulace s uzávěry při prvním stavu (synchronní pohyb uzávěrů) začíná, jakmile přes klapkové uzávěry přepadá voda o hloubce 0,20 m, poté se začnou klapky sklápět dolů. Při úplném sklopení uzávěrů protéká oběma poli $86,62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ hloubkou 1,60 m.

Manipulace s uzávěry při druhém stavu (jedna klapka zahrazená) začíná, jakmile přes uzávěr přepadá voda o hloubce 0,20 m, poté se začne klapka sklápět dolů. Při úplném sklopení klapky protéká jedním jezovým polem $47,77 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ hloubkou 1,60 m.

Za běžného provozu se na jezu nemanipuluje až do nárůstu hladiny v nadjezí na kótu 210,20 m n.m. Následuje popis manipulace v daných situacích:

Manipulace v době zimního režimu – Provoz jezu musí být zachován i v zimním období a je proto nutné učinit následující opatření:

- Před každou manipulací s uzávěry odstranit veškeré námrazy na tělese odsekáním nebo rozmrazením. Je-li klapkový uzávěr přimrzlý, manipulace není možná.
- V případě vytvoření jinovatky nebo jiné námrazy na pohonných mechanismech (elektromotorech), nesmí se motory uvádět do chodu dříve, než se tyto námrazy zcela neodstraní tak, že je motor úplně suchý.

Manipulace za chodu ledů – V zájmovém území se nepředpokládá významný chod ledů (viz kap. 2.8). Dojde-li však k výskytu ledochodu, převádí se ledové kry při úplném vyhrazení jezových polí (dvě klapkové hradící konstrukce vyhrazeny).

Manipulace v období sucha – Účelem vodního díla není nalepšení minimálních průtoků v toku pod jezem, z objemu jezové zdrže. Při minimálních průtocích v toku se nemanipuluje s klapkovými uzávěry (MVE mimo) a veškerá voda se nechá přepadat přes jezové těleso.

Manipulace za povodně – Hladina v jezové zdrži je udržována na kótě stálého vzduť 210,00 m n.m. Stoupají-li průtoky v řece Svitavě a hladina ve zdrži dostoupí na úroveň maximální provozní hladiny 210,20 m n.m., zahajuje se manipulace s klapkovými uzávěry. Tyto uzávěry jsou rovnoměrně sklápěny směrem dolů tak, aby hladina v nadjezí nepřekročila úroveň maximální provozní hladiny 210,20 m n.m. Manipulace se současným pohybem uzávěrů je znázorněna do grafu (viz obr. 36). Z tohoto grafu je patrné, že do průtoků $86,62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ se hladina řízeně udržuje na úrovni 210,20 m n.m. a při větších průtocích dochází k navyšování hladiny neřízeně a voda přepadá přes jezovou konstrukci (klapka zcela sklopená). Jakmile začne voda opadávat a hladina v nadjezí se začne blížit úrovni maximální provozní hladiny (210,20 m n.m.), začnou se klapkové uzávěry zvedat směrem nahoru (do úplného zahrazení klapkových uzávěrů) tak, aby hladina v nadjezí neklesla pod tuto úroveň. Po úplném zahrazení (vztyčení) uzávěrů voda přepadá přes hradící konstrukci až do úrovně hladiny stálého vzduť 210,00 m n.m. (přelivná hrana klapkového uzávěru).

7.5 Dělicí pilíř

Byly navrženy dva betonové dělicí pilíře, kdy první pilíř byl navržen mezi jezovými poli. Druhý pilíř byl navržen mezi jezovým polem a rybím přechodem. Upřesnění polohy a tvaru dělicích pilířů je patrné z příloh P.5 a P.6.

Popis jednotlivých dělicích pilířů je následující:

- **Dělicí pilíř mezi jezovými poli:**

Byl navržen pilíř o následujících rozměrech:

- šířka 3,0 m
- délka 20,1 m
- výška pilíře v horní části 5,6 m
- výška pilíře v dolní části 6,9 m
- zhlaví pilíře bylo navrženo z obou stran půlkruhového průřezu o poloměru 1,5 m
- výšková kóta koruny pilíře je 211,60 m n.m.
- kóta základové spáry pilíře v horní části 206,00 m n.m.
- kóta základové spáry pilíře v dolní části 204,72 m n.m.

V tomto pilíři byly navrženy:

- Drážky provizorního hrazení v osově vzdálenosti 3,15 m od horního líce pilíře a 2,67 m od dolního líce pilíře, které byly navrženy z obou stran pilíře. Šířka drážek byla navržena 0,15 m. Výška 3,6 m v horní části pilíře a 5,2 m v dolní části.
- Zavzdušňovací potrubí klapkového uzávěru (prostoru pod klapkou) DN 200 ve vzdálenosti 8,3 m od horního líce pilíře. Potrubí je z obou stran opatřeno mřížkou proti vniknutí drobných živočichů a nečistot. Délka potrubí je 3,5 m.
- Kapsy pro osazení jeřábku. Šířka kapsy 0,4 m a výška 0,6 m. Jedna kapsa byla navržena ve vzdálenosti 2,7 m od horního líce pilíře a druhá 2,0 m od dolního líce pilíře.
- Stupadla pro přístup do horní části k Jamborovu prahu. Stupadla byla navržena z obou stran pilíře v drážkách, které byly navrženy ve vzdálenosti 5,0 m od horního líce pilíře. Šířka drážky 0,15 m a délka 0,5 m. Stupadla jsou ocelová, mají šířku 0,3 m a jsou zakotvena do pilíře 0,15 m. Je navrženo 23 stupadel ve výškových rozestupech 0,15 m.

- **Dělicí pilíř mezi jezovým polem a rybím přechodem:**

Byl navržen pilíř o následujících rozměrech:

- šířka 2,0 m
- délka 34,1 m
- výška pilíře v horní části 5,6 m
- výška pilíře v dolní části 6,9 m
- zhlaví pilíře bylo navrženo z obou stran půlkruhového průřezu o poloměru 1,0 m
- výšková kóta koruny pilíře je 211,60 m n.m.
- kóta základové spáry pilíře v horní části 206,00 m n.m.
- kóta základové spáry pilíře v dolní části 204,72 m n.m.

V tomto pilíři byly navrženy:

- Drážky provizorního hrazení pro zahrazení jezového tělesa v osově vzdálenosti 4,15 m od horního líce pilíře a výškou 3,6 m. Druhé drážky 15,65 m od dolního líce pilíře a výškou 5,2 m. Další drážky byly navrženy z druhé strany pilíře pro zahrazení rybiho přechodu. Byly navrženy ve vzdálenosti 2,0 m od horního líce pilíře a 2,0 m od dolního líce pilíře. Šířka drážek byla navržena 0,15 m. Výška 3,6 m v horní části pilíře a 4,9 m v dolní části.
- Zavzdušňovací potrubí klapkového uzávěru (prostoru pod klapkou) DN 200 ve vzdálenosti 9,3 m od horního líce pilíře. Potrubí je z obou stran opatřeno mřížkou proti vniknutí drobných živočichů a nečistot. Délka potrubí je 3,5 m a vyústění potrubí bylo umístěno u zdvihacího mechanismu pro klapkový uzávěr.
- Kapsy pro osazení jeřábku. Šířka kapsy 0,4 m a výška 0,6 m. Jedna kapsa je navržena ve vzdálenosti 3,7 m od horního líce pilíře a druhá 15,0 m od dolního líce pilíře. A třetí kapsa je navržena 3,5 m od dolního líce pilíře.

7.6 Břehový pilíř, zavazovací křídla

Byly navrženy dva břehové pilíře. Jeden slouží k zavázání jezové konstrukce do levého břehu a druhý do pravého břehu. Upřesnění polohy a tvaru dělicích pilířů je patrné z příloh P.5 a P.7.

Popis jednotlivých břehových pilířů je následující:

• *Levý břehový pilíř, zavazovací křídla:*

Byl navržen pilíř průřezového tvaru "L" o následujících rozměrech:

- délka 55,2 m
- šířka koruny pilíře 2,0 m
- celková šířka v základové spáře 4,0 m
- výška ozubu od základové spáry 1,2 m
- výška pilíře v místě horního zavazovacího křídla 5,6 m
- výška pilíře v místě dolního zavazovacího křídla 6,9 m
- výšková kóta koruny břehového pilíře i zavazovacích křídel 211,60 m n.m.
- kóta základové spáry pilíře i zavazovacího křídla v horní části 206,00 m n.m.
- kóta základové spáry pilíře i zavazovacího křídla v dolní části 204,72 m n.m.

V tomto pilíři byly navrženy:

- Drážky provizorního hrazení v osově vzdálenosti 4,15 m od horní hrany pilíře a 10,65 m od dolní hrany pilíře. Šířka drážek byla navržena 0,15 m. Výška 3,6 m v horní části pilíře a 5,2 m v dolní části.
- Zavzdušňovací potrubí klapkového uzávěru (prostoru pod klapkou) DN 200 navržené ve vzdálenosti 9,3 m od horní hrany pilíře. Potrubí je z obou stran opatřeno mřížkou proti vniknutí drobných živočichů a nečistot. Délka potrubí je 3,5 m a vyústění potrubí bylo umístěno u zdvihacího mechanismu pro klapkový uzávěr.
- Kapsy pro osazení jeřábku. Šířka kapsy 0,4 m a výška 0,6 m. Jedna kapsa byla navržena ve vzdálenosti 3,7 m od horní hrany pilíře a druhá 10,0 m od dolní hrany pilíře.

- **Pravý břehový pilíř, zavazovací křídla:**

Byl navržen pilíř průřezového tvaru "L" o následujících rozměrech:

- délka 60,6 m
- šířka koruny pilíře 2,0 m
- celková šířka v základové spáře 4,0 m
- výška ozubu od základové spáry 1,2 m
- výška pilíře v místě horního zavazovacího křídla 5,6 m
- výška pilíře v místě dolního zavazovacího křídla 6,9 m
- výšková kóta koruny břehového pilíře i zavazovacích křídel 211,60 m n.m.
- kóta základové spáry pilíře i zavazovacího křídla v horní části 206,00 m n.m.
- kóta základové spáry pilíře i zavazovacího křídla v dolní části 204,72 m n.m.

V tomto pilíři byly navrženy:

- Drážky provizorního hrzení ve vzdálenosti 0,85 m od poslední příčky rybího přechodu a 2,0 m od dolní hrany pilíře. Šířka drážek byla navržena 0,15 m. Výška 3,6 m v horní části pilíře a 4,9 m v dolní části.
- Kapsy pro osazení jeřábku. Šířka kapsy 0,4 m a výška 0,6 m. Jedna kapsa byla navržena ve vzdálenosti 1,35 m od drážek provizorního hrzení v horní části a druhá 3,5 m od dolní hrany pilíře.

7.7 Vývarová deska

Návrh a posouzení vývarové desky byl proveden v kapitole 5.7. Pro každé jezové pole byla navržena vývarová deska. Vývarové desky jsou stejné a mají následující rozměry:

- délka vývaru 15,0 m
- šířka jedné desky vývaru 9,75 m
- tloušťka desky vývaru 1,0 m
- hloubka vývaru 0,3 m
- závěr vývaru je tvořen vývarovým prahem provedeným ve sklonu 1:3
- délka vývarového prahu v koruně 1,0 m
- výšková kóta dna vývaru 206,42 m n.m.
- výšková kóta závěrečného prahu vývaru 206,72 m n.m.
- výšková kóta základové spáry vývaru 205,42 m n.m.

Vývarová konstrukce je oddělena a spodní stavby Jamborova prahu dilatační spárou, která je těsněna pryžovým těsněním o šířce 0,4 m. Upřesnění navrženého tvaru vývaru je patrné z příloh P.5, P.6 a P.7.

7.8 MVE

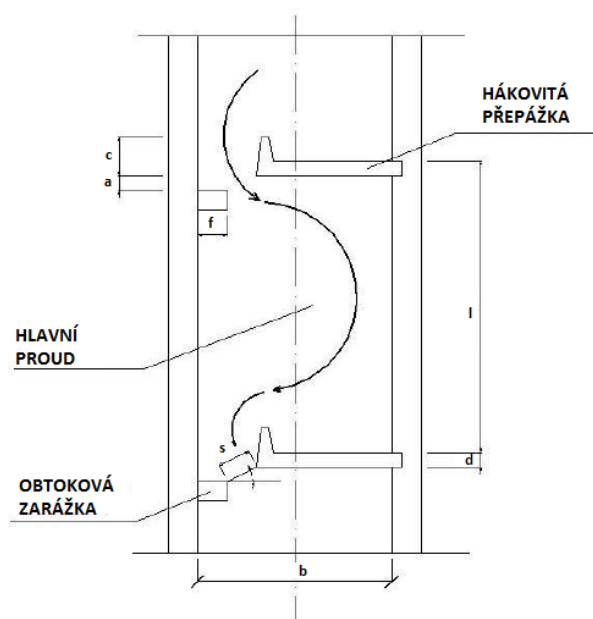
MVE byla popsána v předchozí kapitole 4.3.

7.9 Rybí přechod

Typ rybího přechodu byl zvolen podle rybí obsádky vyskytující se v zájmovém území, která byla popsána v kap. 2.12. Dále pak podle možnosti umístění vzhledem k prostorovým

možnostem vyplývajících z přílohy P.3. Byl zvolen technický typ rybího přechodu a to štěrbinový s jednou svislou štěrbinou. Umístění rybího přechodu je u pravého břehu a je patrné z přílohy P.3. Návrhové rozměry byly stanoveny podle hodnot z normy TNV 75 2321 Rybí přechody. Jednotlivé rozměry a výškové kóty navržené konstrukce jsou následující (viz obr. 41):

- délka rybího přechodu 34,10 m
- výška rybího přechodu 4,18 m
- délka komory $l = 2,00$ m
- šířka komory $b = 2,50$ m
- šířka mezery $s = 0,20$ m
- délka okrajové zarážky $c = 0,40$ m
- mezera mezi příčkou a obtokovou zarážkou $a = 0,10$ m
- šířka obtokové zarážky $f = 0,30$ m
- délka hákové přepážky 2,03 m
- výška hákové přepážky 2,00 m
- celkem bylo navrženo 15 přepážek
- výškový rozdíl ve dně jednotlivých komor je 0,10 m
- ve vzdálenosti 2,00 m od okraje vtokové i výtokové části rybího přechodu jsou navrženy drážky pro osazení provizorního hrazení šířky 0,15 m
- výšková kóta na vstupu do rybího přechodu (horní dno) 208,00 m n.m.
- výšková kóta na výstupu z rybího přechodu (dolní dno) 206,72 m n.m.



Obr. 41 Schéma štěrbinového rybího přechodu [19]

Upřesnění navrženého tvaru a rozměrů rybího přechodu je patrné z příloh P.5 a P.7.

7.10 Provizorní hrazení, obslužná lávka

Provizorní hrazení jezových polí bylo navrženo mobilní kruhového průřezu o průměru 0,30 m a délce 10,0 m. Další mobilní provizorní hrazení o průměru 0,30 m a délce 2,80 m bylo navrženo na vstupu a výstupu do rybního přechodu. Manipulace s hrazením je zajištěna přenosnými jeřábky. Umístění drážek provizorního hrazení a kapes pro osazení jeřábků bylo popsáno v kap. 7.5 a 7.6 a je patrné z přílohy P.5. Celkem bylo navrženo 36 hradidel délky 10,0 m a 18 hradidel délky 2,80 m. Skládka provizorního hrazení by byla možná (po domluvě) v oploceném areálu VaK, kde se nachází zpevněná plocha s možností příjezdu po zpevněné komunikaci. Tato plocha se nachází v blízkosti jezu a je patrná z přílohy P.3.

Obslužná lávka spojuje obě jezová pole. Je uložena na levobřežním břehovém pilíři, betonovém dělicím pilíři mezi jezovými poli, betonovém dělicím pilíři mezi jezovým polem a rybním přechodem a na pravobřežním břehovém pilíři. Šířka lávky je 1,85 m a délka 27,90 m. Zábradlí je ocelové výšky 1,10 m. Přístup na betonové dělicí pilíře je umožněn osazením čtyřech uzamykatelných branek šířky 1,60 m. Výšková kóta lávky je 211,60 m n.m. Rozměry a umístění lávky je patrné z příloh P.5, P.6 a P.7.

7.11 Opevnění podjezí

Opevnění podjezí je patrné z příloh P.5 a P.6.

Opevnění dna je navrženo těžkým kamenným záhozem o velikosti kamene $d_e = 35-40$ cm, délce 45,0 m a hloubce 1,00 m. Opevnění bude rozděleno směrem po vodě do dvou mocností od prahu vývaru. Mocnost první vrstvy 1,0 m a délka 15 m a druhé vrstvy 0,5 m a délka 30 m. Přechod mezi jednotlivými vrstvami je ve svahu 1:2.

Opevnění svahů je řešeno kamennou dlažbou na suchu o velikosti kamene $d_e = 35-40$ cm a délce 45,0 m. Dále jsou svahy ohumusovány a osety travní směsí.

7.12 Napojení objektu na tok, terénní úpravy v okolí jezu

Napojení jezu do toku je patrné z příloh P.3 a P.5. Je řešeno v nadjezí a podjezí šikmými zavazovacími křídly. V podjezí je navrženo rozšíření toku v poměru 1:20 u pravého břehu a 1:10 u levého břehu. Všechny svahy upraveného terénu jsou 1:1,5. Vzniklé nerovnosti napojením na stávající tok u zavazovacích křídel a břehových pilířů na pravém i levém břehu budou dosypány zeminou. Na pravém břehu je navržena zpevněná plocha pro možnost příjezdu těžké techniky pro případ oprav na navrhované konstrukci.

7.13 Začlenění do krajiny

Vliv jezu na okolní krajinu bude pozitivní. Dojde ke zvýšení hladiny podzemní vody,lepší se vodní režim půd a v neposlední řadě může být využito zvýšení hladiny k rekreačním účelům. Nepříznivým vlivem může být zásah do původního tvaru terénu a likvidace stávajícího porostu v okolí jezu. Součástí možné výstavby je tedy i revitalizace okolí jezu. V okolí příjezdové komunikace nebude výsadba provedena, aby růst stromů neomezil možnost příjezdu k jezu. Dále byl navržen šterbinový rybní přechod s jednou svislou šterbinou z důvodu umožnění snadnějšího překonání navrhované migrační překážky (jezu).

8 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byla studie rekonstrukce stávajícího pevného jezu Cacovice na řece Svitavě v říčním kilometru 10,157. Důvodem bylo doporučení generelu odvodnění města Brna z roku 2007 [6] na rekonstrukci řešeného pevného jezu na jez pohyblivý. Byl proveden popis jednotlivých možností pohyblivých uzávěrů, ze kterých byly zvoleny dva nejvíce vhodné typy pro danou lokalitu. Těmito typy jsou klapkový a vakový uzávěr. Z výhod a nevýhod těchto dvou typů uvedených v kap. 3 byla jako pohyblivý uzávěr zvolena klapka. S přihlédnutím k tomu, že se jedná o frekventovanou lokalitu, se klapka jeví vhodnější než vakový uzávěr, kde je možnost poškození (vandalismus). Součástí studie rekonstrukce byl i návrh vhodného typu rybího přechodu, který zajistí snadnější migrační prostupnost všem vodním živočichům v zájmovém území přes navrhovanou migrační překážku (pohyblivý jez). Dále bylo provedeno napojení navrhované konstrukce na tok a terénní úpravy v okolí jezu.

V rámci bakalářské práce bylo vypracováno posouzení stávajícího stavu zájmového území a objektů, které se v něm vyskytují. Toto posouzení bylo popsáno v kap. 4. Zájmové území začíná v říčním kilometru 9,620 u prefabrikovaného jezu Maloměřice a končí v říčním kilometru 10,365 u dřevěného mostu pro pěší. Pro upřesnění stávajícího stavu koryta, objektů a přilehlého území bylo provedeno místní šetření a vytvořeny fotografie znázorňující stávající stav. Dále byl zhodnocen stávající stupeň protipovodňové ochrany zájmového území, který je přibližně na úrovni hladiny při průtoku Q_5 . V případě povodní vyšších než Q_{50} by došlo ke škodám na majetku. K výraznějšímu rozlivu vody na Cacovický ostrov a na fotbalové hřiště u jezu Cacovice dochází již od dvacetileté povodně.

Pro návrh a posouzení konstrukce nebyly v bezprostředním okolí řešeného jezu zjištěny žádné vrty pro stanovení přesných geologických a hydrogeologických poměrů. Byly zvoleny dva vrty (V-1, V-7), které se vyskytují v zájmovém území (zhruba 300m od jezu Cacovice). Z hlediska bakalářské práce především jako studie se s těmito vrty uvažuje. Tyto zvolené vrty slouží pouze k orientačnímu určení poměrů. Pro přesnější určení geologického profilu by bylo potřeba provést geologický průzkum v bezprostředním okolí řešeného jezu.

Jelikož se jedná o zastavěnou oblast, byl jako návrhový průtok zvolen $Q_N = Q_{100} = 180 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Navržené parametry byly zvoleny tak, aby byl zajištěn odběr na stávající MVE ($Q_{\text{MVE}} = 4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a stupeň ochrany okolního území před povodněmi. Jez byl navržen jako dvoupolový o šířce jednoho pole 10m. Pro návrh spodní stavby byl zvolen Jamborův práh a to z důvodu dobrých hydraulických vlastností. Prah dále netvoří překážku při průchodu splavenin a umožňuje jednoduché provedení spodní stavby. Byl navržen Jamborův práh výšky 0,6m a sklon líce prahu je 1:2. Celá přepadová plocha bude proti obrusu opevněna kamenem. Nadmořská výška přelivné hrany je na kótě 208,60 m n.m. Jako pohyblivý uzávěr byla navržena klapka výšky 1,4m. Ovládání klapky bylo zvoleno jednostranné elektromotorem a cévovou tyčí. Za jezovou konstrukcí byla navržena hloubka vývaru $d=0,3\text{m}$, tloušťka vývarové desky $t_d=1,0\text{m}$, délka vývaru $L_v=15\text{m}$, délka opevnění za vývarovým prahem $L_0 = 45\text{m}$, tloušťka opevnění za vývarem 1,0m, kdy se rozdělí do dvou vrstev v závislosti na navržené délce opevnění za vývarem $L_0 = 45\text{m}$. Opevnění dna bude rozděleno směrem po vodě do dvou mocností od prahu vývaru. Mocnost první vrstvy 1,0m a délka 15m a druhé vrstvy 0,5m a délka 30m a velikost záhozového kamene $d_e = 35\text{--}40 \text{ cm}$. Hladina stálého vzduť H_{SV} byla zvolena na úrovni 210 m n.m. Pro zajištění migrační prostupnosti jezu byl navržen rybí přechod šterbinového typu s jednou svislou šterbinou. Tento technický typ rybího přechodu je vhodný pro parmové i pstruhové pásmo, které se v zájmovém území nachází.

Posouzení stability navržené jezové konstrukce bylo provedeno pro dva stavy. První stav byl zvolen s plnou jezovou zdrží a druhý s prázdnou jezovou zdrží. Navržená konstrukce vykazuje dostatečnou bezpečnost pro všechny posuzované scénáře ztráty stability s výjimkou bezpečnosti proti posunutí po základové spáře bez spolupůsobení vývarové desky při plné jezové zdrži a prolomení vývarové desky vztlakovou silou z přetlaku při plné jezové zdrži. Při výpočtu bezpečnosti proti posunutí se neuvažuje s účinkem štetové stěny. Vliv štetových stěn nebyl ověřen výpočtem, ale lze očekávat jejich významný příspěvek z pohledu odolnosti stavby vůči posunutí. Pro zajištění dostatečné bezpečnosti proti prolomení při plné jezové zdrži by bylo nutné navrhnout opatření pro snížení vztlaku z přetlaku. Opatřením by mohlo být zvětšení délky obtékaného obrysu vhodným návrhem předloženého těsnícího koberce nebo přidáním štetové stěny o vhodné délce pod přelivné těleso. Případně zvýšení konstrukční odolnosti vývarové desky.

Po vlastním návrhu a posouzení bylo zhodnoceno ovlivnění záplavového území navrhovaným pohyblivým jezem. Navržená konstrukce pohyblivého jezu pozitivně ovlivní celkový rozsah záplavového území v délce vzdutí. Průtok Q_{20} je v důsledku manipulace s jezovými uzávěry převeden korytem toku. Dále pak dojde ke zmenšení záplavového území při Q_{100} oproti stávajícímu stavu. Lze předpokládat, že dojde k větší ochraně přilehlé zástavby (viz obr. 37). Možné zmenšení rozlivu vody pro Q_{100} je patrné na obr. 37 plnou červenou čarou. Toto zhodnocení záplavového území bylo provedeno odborným odhadem a vycházelo z úrovní hladin pro jednotlivé průtoky na navrhovaném pohyblivém jezu, které jsou patrné z grafu na obr. 34. Dále pak ze z rozsahu stávajícího záplavového území znázorněného na obr. 31, 32 a výškových poměrů toku znázorněných v podélném řezu (viz Příloha P.4). Pro přesnější stanovení rozlivu vody při určitých průtocích by bylo potřeba použít digitální model a podrobnější geodetické zaměření dané lokality.

Závěrem lze konstatovat, že cíle práce byly splněny v rozsahu stanoveném zadáním bakalářské práce, které je uvedeno v úvodní části.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] <http://cs.wikipedia.org>
- [2] Povodí Moravy s. p.: www.pmo.cz
- [3] www.maps.google.cz
- [4] Český hydrometeorologický ústav: www.chmi.cz
- [5] www.dibavod.cz
- [6] Generel odvodnění města Brna z roku 2007: *Zpracovatel - Povodí Moravy s. p., útvar hydroinformatiky, Brno, Dřevařská 11*
- [7] www.geologicke-mapy.cz
- [8] www.kr-kralovehradecky.cz
- [9] <http://heis.vuvv.cz>
- [10] <http://www.mrk.cz/rybarske-reviry.php?id=1429>
- [11] http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/ykrv/rybochody.pdf
- [12] <http://foto.mapy.cz/233032-Vakovy-jez-Citov>
- [13] fotodokumentace z předmětu BP01 Výuka v terénu
- [14] www.geofond.cz
- [15] ČÁBELKA, J.; KUNŠTÁTSKÝ, J. *Jezy*. Praha: SNTL, 1966. 555 s.
- [16] VÝBORA, Pavel a Otto POSEDNÍK. *Navrhování jezů*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické, 1989, 139 s. ISBN 80-214-1070-1.
- [17] VÝBORA, Pavel. *Jezy: určeno pro posl. fak. stavební*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985, 146 s.
- [18] JANDORA, Jan a Jan ŠULC. *Hydraulika: modul 01*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 178 s. ISBN 978-80-7204-512-9.
- [19] TNV 75 2321, *Rybí přechody*. Praha: Hydroprojekt, 1997, 12 s.
- [20] ČIHÁK, František a Vladimír MEDŘICKÝ. *Navrhování jezů: určeno pro stud. fak. stavební*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1991, 150 s. ISBN 80-010-0609-3.
- [21] TNV 75 2103, *Úpravy řek*. Praha: Hydroprojekt CZ, 1998, 39 s.
- [22] ČSN 01 3469. *Výkresy hydrotechnických a hydroenergetických staveb*. Praha: 1990, 51 s.
- [23] SMETANA, Jan. *Hydraulika*. 1. vydání. Praha: Československá akademie věd, 1957, 32, 544 s.

10 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Hodnoty N - letých průtoků na řece Svitavě [6].....	14
Tab. 2 Výhody a nevýhody klapkového a vakového uzávěru.....	33
Tab. 3 Hodnoty Q - h křivky pro N - leté průtoky na řece Svitavě [6].....	40
Tab. 4 Postup výpočtu měrné křivky přelivu - část I.....	44
Tab. 5 Postup výpočtu měrné křivky přelivu - část II.....	45
Tab. 6 Orientační hodnoty součinitele přepadu m [17]	47
Tab. 7 Manipulace s uzávěry při jednotlivých výškách sklopení	47
Tab. 8 Výpočet manipulace - synchronní pohyb uzávěrů.....	48
Tab. 9 Výpočet manipulace - jedna klapka zahrazená.....	49
Tab. 10 Návrh hloubky vývaru - bez zahloubení.....	53
Tab. 11 Návrh hloubky vývaru - se zahloubením.....	53
Tab. 12 Návrh tloušťky vývaru.....	54
Tab. 13 Hodnoty součinitele K [16].....	54
Tab. 14 Návrh délky vývaru.....	54
Tab. 15 Návrh délky opevnění za vývarem.....	55
Tab. 16 Výpočet hloubek výmolů v podjezí.....	55
Tab. 17 Návrh velikosti záhozového kamene.....	56
Tab. 18 Úrovně hladin.....	58
Tab. 19 Složky působících sil pro plnou jezovou zdrž.....	60
Tab. 20 Složky působících sil pro prázdnou jezovou zdrž.....	61

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Město Brno [3].....	12
Obr. 2 Město Brno [3].....	13
Obr. 3 Město Brno [3].....	13
Obr. 4 Graf - historických průtoků Q_{100} [6].....	15
Obr. 5 Mapa - průměrný roční úhrn srážek [2].....	15
Obr. 6 Mapa - geologie [2].....	16
Obr. 7 Mapa - Vrty v zájmovém území [14].....	17
Obr. 8 Ledová bariéra na řece Bečvě na Hranicku [2].....	18
Obr. 9 Rybí obsádka [11].....	20
Obr. 10 Jezy přímé.....	21
Obr. 11 Jezy lomené.....	22
Obr. 12 Jezy zakřivené.....	22
Obr. 13 Přední i zadní zhlaví návodního pilíře [15].....	22
Obr. 14 Části pevného jezu [17].....	23
Obr. 15 Pohyblivé jezy [15].....	25
Obr. 16 Části pohyblivého jezu [17].....	26
Obr. 17 Základní druhy klapek: a) desková; b) troubová; c) dutá [15].....	27
Obr. 18 Vyztužení a uložení duté svařované klapky závěsovými ložisky na spodní stavbě s úpravou těsnění v ose otáčení [17].....	28
Obr. 19 Schéma klapkového jezu [17].....	28
Obr. 20 Řez vakovým jezem [17].....	30
Obr. 21 Vakový jez v obci Citov [12].....	30
Obr. 22 Obtokový kanál [11].....	31
Obr. 23 Tuňový rybí přechod [11].....	31
Obr. 24 Rybí přechod: A1) komůrkový; A2) šterbinový [11].....	32
Obr. 25 Deníliv rybí přechod [11].....	32
Obr. 26 Současný stav koryta toku pod jezem Cacovice.....	34
Obr. 27 Současný stav pevného jezu Cacovice.....	35
Obr. 28 Současný stav prefabrikovaného jezu Maloměřice.....	36
Obr. 29 Současný stav betonové lávky pro pěší Cacovice.....	36
Obr. 30 Současný stav dřevěného mostu pro pěší.....	37
Obr. 31 Mapa záplavových území [5].....	38
Obr. 32 Detail záplavových území nad pevným jezem Cacovice [5].....	38
Obr. 33 Výpočtové schéma spodní stavby jezu.....	41
Obr. 34 Graf měrné křivky přelivu.....	46
Obr. 35 Schéma pro určení součinitele přepadu [17].....	47
Obr. 36 Graf měrné křivky při manipulaci s uzávěry.....	50
Obr. 37 Zmenšení rozlivu vody při Q_{100}	51
Obr. 38 Výpočtové schéma hloubky vývaru.....	52
Obr. 39 Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí při plné jezové zdrži.....	57
Obr. 40 Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí při prázdné jezové zdrži.....	57
Obr. 41 Schéma šterbinového rybího přechodu [19].....	72

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Q_a	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Průměrný dlouhodobý průtok
Q_1	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Jednoletý průtok
Q_2	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Dvouletý průtok
Q_5	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Pětiletý průtok
Q_{10}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Desetiletý průtok
Q_{20}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Dvacetiletý průtok
Q_{50}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Padesátiletý průtok
Q_{100}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Stoletý průtok
Q_N	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Návrhový průtok
Q_{MVE}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Odebíraný průtok na malou vodní elektrárnu
Q_k	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Kapacitní průtok
σ_z	$[-]$	Součinitel zatopení
b_0	$[m]$	Účinná šířka přelivu
b	$[m]$	Šířka přelivu
n	$[-]$	Počet kontrakcí
h_0	$[m]$	Energetická přepadová výška
m	$[-]$	Součinitel přepadu
g	$[m \cdot s^{-2}]$	Gravitační zrychlení
\mathcal{E}_p	$[-]$	Tvarový součinitel boční kontrakce návodního pilíře
\mathcal{E}_k	$[-]$	Tvarový součinitel kontrakce bočních křídel břehového pilíře
H_{SV}	$[m \text{ n.m.}]$	Hladina stálého vzduť
h_h	$[m]$	Hloubka horní vody při Q_N
h_d	$[m]$	Hloubka dolní vody při Q_N
Δh	$[m]$	Výškový rozdíl horního a dolního dna
h_{kl}	$[m]$	Výška hradící konstrukce (klapky)
p	$[m]$	Výška spodní stavby nad horním dnem
h	$[m]$	Přepadová výška při Q_N
H	$[m]$	Spád hladin při Q_N
h_z	$[m]$	Výška dolní vody nad přelivnou hranou
s	$[m]$	Výška spodní stavby nad dolním dnem
α	$[-]$	Coriolisovo číslo
\bar{s}_u	$[m]$	Šířka jednoho pole hradící konstrukce
d	$[m]$	Šířka dělicího pilíře
B_C	$[m]$	Celková šířka konstrukce

k	[m]	Rychlostní výška
A	[m ²]	Průtočná plocha
h_1, h_2	[m]	Vzájemné hloubky vodního skoku
h_c	[m]	Kritická hloubka
E_0	[m]	Energetická výška
t_d	[m]	Tloušťka vývarové desky
K	[-]	Součinitel vzájemných hloubek
L_v	[m]	Délka vývaru
L_0	[m]	Délka opevnění za vývarovým prahem
d_{90}	[mm]	Velikost 90% zrna
d_z	[mm]	Velikost záhozového kamene
A_0	[m]	Hloubka výmolu v podjezí
G_i	[kN·m ⁻¹]	Síla od vlastní tíhy k-ce
A_i	[m ²]	Plocha k-ce
γ_B	[kN·m ⁻³]	Objemová tíha betonu
G_u	[kN·m ⁻¹]	Síla od vlastní tíhy klapkového uzávěru
γ_u	[kN·m ⁻³]	Objemová tíha klapkového uzávěru
h_u	[m]	Výška klapkového uzávěru
V_i	[kN·m ⁻¹]	Síla od zatížení vodou
ρ	[kg·m ⁻³]	Objemová hmotnost vody
G_{zi}, Z_{ai}	[kN·m ⁻¹]	Síla od zatížení zeminou
γ_z	[kN·m ⁻³]	Objemová tíha zeminy pod vodou
φ	[°]	Úhel vnitřního tření zeminy
W_i	[kN·m ⁻¹]	Vztlková síla
A_{wi}	[m ²]	Plocha vztlkového obrazce
SB_p	[-]	Stupeň bezpečnosti proti posunutí po základové spáře bez spolupůsobení vývarové desky
f	[-]	Součinitel spolupůsobení přetížení
SB_{pd}	[-]	Stupeň bezpečnosti proti posunutí po základové spáře se spolupůsobením vývarové desky
SB_s	[-]	Stupeň bezpečnosti proti překlopení kolem vzdušné hrany
X	[m]	Pořadnice vztlaku z přetlaku
L_n	[m]	Nutná délka obtékaného obrysu
L_s	[m]	Skutečná délka obtékaného obrysu
C_B	[-]	Empiricky stanovený součinitel pro různé zeminy

13 SEZNAM PŘÍLOH

- P.1 Mapa širších vztahů
- P.2 Přehledná situace 1:1000
- P.3 Podrobná situace 1:500
- P.4 Přehledný podélný profil toku s pohyblivým jezem 1:1000/100
- P.5 Půdorys pohyblivého jezu 1:100
- P.6 Podélný řez pohyblivým jezem A-A' 1:100
- P.7 Příčný řez pohyblivým jezem B-B' 1:50
- P.8 Příčný řez tělesa náhonu C-C' 1:50
- P.9 Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí při plné jezové zdrži
- P.10 Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí při prázdné jezové zdrži
- P.11 Schéma působících sil pro plnou jezovou zdrž
- P.12 Schéma působících sil pro prázdnou jezovou zdrž

V Brně dne 15.5.2014

.....
Podpis autora
František Betlach